

УДК 59(081)
ББК 26я44
В35

Составитель
академик *Э.М. Галимов*

Вернадский В.И.

Собрание сочинений : в 24 т. / В.И. Вернадский ; под ред. академика Э.М. Галимова ; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского ; Комиссия РАН по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского. – М. : Наука, 2013– . – ISBN 978-5-02-038093-6.

Т. 9. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. Биосфера и ноосфера / науч. ред. и сост. академик Э.М. Галимов. – 2013. – 574 с. – ISBN 978-5-02-038113-1 (в пер.).

Предлагаемое Собрание сочинений в 24-х томах включает почти все научные работы В.И. Вернадского, тексты выступлений, дневники и основную часть его эпистолярного наследия. Основу настоящего издания составили тематические выпуски, публиковавшиеся в виде отдельных книг, начиная с 1992 г., в серии «Библиотека трудов академика В.И. Вернадского» Комиссией РАН по разработке научного наследия В.И. Вернадского. В собрание включены также избранные сочинения В.И. Вернадского в пяти томах, изданные Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (тогда АН СССР) в 1954–1960 гг., а также прижизненные и другие издания.

В девятый том включено одно из главных сочинений В.И. Вернадского – «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения», которому он придавал значение заключительного труда, подытоживающего основные положения системы его взглядов. В этом же томе помещена работа В.И. Вернадского «О ноосфере» и ряд статей о химическом составе биосферы, радиогеологии и космическом веществе.

ISBN 978-5-02-038093-6
ISBN 978-5-02-038113-1 (т. 9)

© Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Комиссия РАН по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского, 2013
© Галимов Э.М., составление, предисловие, 2013
© Редакционно-издательское оформление.
Издательство «Наука», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ К ДЕВЯТОМУ ТОМУ*

Девятый том включает книгу В.И. Вернадского «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения». Вернадский работал над ней, когда ему было уже около восьмидесяти, он считал ее своим завершающим трудом и называл «моя главная книга», «книга жизни». Действительно, книга представляет собой концептуальный синтез созданных им учений о биосфере, биогеохимии и геохимии.

Книга осталась неоконченной. Первая ее публикация была осуществлена в 1965 г., через двадцать лет после кончины В.И. Вернадского. Предисловие написал К.П. Флоренский. Второе издание вышло в 1987 г., третье издание вышло в серии «Библиотека трудов академика В.И. Вернадского» под редакцией Ф.Т. Яншиной и С.Н. Жидовинова в 2001 г. В настоящем собрании сочинений работа печатается по тексту этого последнего издания. Как и в других случаях, текст освобожден от редакторских комментариев.

В 9-й том включены также работы В.И. Вернадского «Биосфера и ноосфера» и «Несколько слов о ноосфере».

В последние годы В.И. Вернадский приходит к строгим и заключительным формулировкам своего учения о ноосфере. Но мысли о влиянии деятельности человека на природные процессы появляются у В.И. Вернадского еще в ранних работах. В предисловии к первому тому «Опыта описательной минералогии» (т. 2 настоящего собрания сочинений) В.И. Вернадский пишет: «Я стараюсь выяснить значение человека в генезисе минералов. Эти данные излагаются в историко-технических очерках, которые даются для каждой группы. Мне кажется, что этим путем выясняется любопытная и крупная роль Homo Sapiens в химических процессах Земли, которая насколько я знаю, никогда не была сведена в единое целое человеческой мыслью».

Он обращает внимание на растущий конфликт деятельности человека и природной среды, что лишь лет через 50–70 начнет осознаваться как грозная проблема экологии.

Первые впечатления драматического столкновения растущего промышленного производства с интересами сохранения окружающей среды были отмечены В.И. Вернадским во время его поездки в Северную Америку и знакомства с рудниками в США и Канаде: «...Красивая страна обезображена. Леса выжжены, часть – на десятки верст страны превращена в пустыню: растительность отравлена и выжжена, и все для достижения одной

* См. общее предисловие к данному собранию сочинений В.И. Вернадского в первом томе, с. 5–8.

цели – быстрой добычи никеля. Сейчас это мировой пункт – главная масса никеля получается здесь, но навсегда часть страны превращена в каменистую пустыню...» (Из письма к Н.Е. Вернадской 4 августа 1913 г. Седбери). «...Пробудем в Кобальте и завтра. Завтра будем посещать серебряные рудники. Сейчас это самое большое месторождение серебра, кажется, больше 1/10 серебра, добываемого сейчас на земном шаре, добывается здесь... Сегодня в обстановке рудника, во всем окружающем устройстве видишь опять “американское устройство” работы – достижение возможно быстро результата, несмотря ни на что. Минимальная охрана человеческой личности, значительное расхищение вековых запасов природы для быстрого получения полезного действия. В конце концов многое теряется совершенно...» (Из письма к Н.Е. Вернадской 5/18 августа. 1913 г. Кобальт).

«Любопытное зрелище представляет это вхождение цивилизации. С одной стороны, перед входящим в нетронутый лес человеком бежит зверь гибнут деревья, нетронутая природа теряет свою угрюмую красоту. Но, с другой стороны, область, пропадавшая для человека, делается источником его силы и богатством. До сих пор, кроме пушного зверя, ничто не попадало отсюда в мировой обмен...» (Из письма к Н.Е. Вернадской 10/23 августа 1913 г. Тимагами).

В последних работах о ноосфере В.И. Вернадский рассматривает включение человека в биосферу не просто как конфликт природы и человека, а как новый этап развития биосферы. Этот этап характеризуется переходом от стихийного развития биосферы к ее развитию, регулируемому человеческим разумом. Не только живое вещество, но и разум (по-гречески «ноос») входит в состав биосферы. Поэтому В.И. Вернадский принимает предложенный в свое время Леруа (Le Roy E. L'exgence idealiste et le fait d'evolution. Paris, 1927, 196 p.) термин «ноосфера» для этого нового состояния биосферы.

Эссе В.И. Вернадского «Биосфера и ноосфера» публикуется по книге: «В.И. Вернадский. Биосфера и ноосфера» (ответственный редактор Б.С. Соколов и А.А. Ярошевский, 1989 г.). Она представляет собой изложение в сжатой форме основных положений В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Работа эта появилась в журнале «American Scientist» в 1944 г. в переводе на английский язык с рукописи В.И. Вернадского, сделанном его сыном Г.В. Вернадским. Обратный перевод сделан В.П. Волковым и опубликован в упомянутой книге: «В.И. Вернадский. Биосфера и ноосфера» 1989 г. Раздел «Ноосфера», входивший в эту работу, текстуально очень близок к статье В.И. Вернадского «Несколько слов о ноосфере», но все же отличается от нее. Поэтому было решено включить в этот том статью «Несколько слов о ноосфере» по тексту книги «В.И. Вернадский. Химическое строение биосферы и ее окружения», М., Наука, 2001 г., в которой она опубликована в качестве завершающей главы.

Наконец, 9-й том включает статьи, написанные В.И. Вернадским в разное время и затрагивающие вопросы химического состава биосферы. Они публикуются по текстам «Избранных сочинений» В.И. Вернадского, т. I (1955 г.).

Э.М. Галимов

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ И ЕЁ ОКРУЖЕНИЯ

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ЗЕМЛИ КАК ПЛАНЕТЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И В МЛЕЧНОМ ПУТИ. БИОСФЕРА И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ

Глава I

ЗЕМЛЯ КАК ПЛАНЕТА В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И В МЛЕЧНОМ ПУТИ

Материальные и энергетические проявления Галактики в биосфере. Проникающие космические излучения (§ 1). Работа В. Гершеля – Галактики, звездные острова Гершеля, правые и левые спиральные туманности. Задача, поставленная Аррениусом (§ 2, 3). Галактики и пространство Эйнштейна (§ 4). Наша Солнечная система в Галактике Млечного Пути (§ 5, 6). Космические вакуумы как центры энергии (§ 7, 8). Положение нашего Солнца среди других звезд. Таблицы 1, 2 (§ 9–11). Геологическая вечность нашей Солнечной системы (§ 12). Энергетическая пространственная связь нашей планеты с Солнцем (§ 13, 14). Значение геологии для планетной астрономии (§ 15). Общие свойства тел Солнечной системы, исходя из Земли – планеты и астероиды (§ 16). Луна в геологическом проявлении. Таблица 3 (§ 17).

1. В своей научной работе геолог часто забывает, что он имеет дело не просто с Землей, а с одним из индивидуально–различных естественных тел – с одной из «земных планет» Солнечной системы (см. § 16). Геолог непосредственно сталкивается здесь только с той геологической оболочкой, в которой он живет, т.е. с *биосферой*. Но с каждым годом он все больше выходит за пределы области жизни, вверх поднимаясь на тысячу километров в земной вакуум – в ионосферу – и вглубь; косвенным образом может учитывать иногда явления, происходящие на глубинах до 700 км от уровня геоида.

Изучая эти явления, он может в конце концов охватывать научной мыслью всю нашу планету как единое целое.

Солнечная система, с которой закономерно связана наша Земля, является определенной пространственно-временной частью нашего *Млечного Пути* – звездной системы, в котором она составляет ничтожную часть (§ 4, 5).

Земля материально и энергетически непрерывно в ходе времени связана с Солнечной системой и с Млечным Путем. Связь с Солнечной системой

была научно окончательно установлена только в конце XVIII, в начале XIX в. (Роме де Лиль, Фурье; § 12).

Млечный Путь есть собрание миллиардов *звезд* закономерной структуры, одной из которых в Солнечной системе является наше Солнце. Это стало ясно в конце XVIII в.

В этой Галаксии наша *Солнечная система* представляет в масштабе явлений ничтожную часть целого, и все же мы в геологии – в истории планеты Земля – непрерывно, реально сталкиваемся с энергетическим и материальным проявлением Млечного Пути – в форме космического вещества – метеоритов и пыли [1] (что нередко учитывалось геологами) и материально-энергетическими, невидимыми глазу и сознательно человеком не ощущаемыми *проникающими космическими излучениями*.

Гесс [2], профессор в Инсбруке, первый доказал в 1933 г., что эти излучения – потоки – постоянно приносят на нашу планету в ее биосферу радиоактивные элементы, вызывающие ионизацию воздуха, значение которых в энергетике земных оболочек первостепенное.

Приток космических излучений идет непрерывно. Гесс выражает значимость этих излучений той ионизацией, которую они вызывают в тропосфере, по сравнению с ионизацией, зависящей от радиоактивных элементов нашей планеты.

Баланс ионизации Гесс берет следующий: в среднем над почвой ионизация воздуха на высоте 1,5 м над осадочными породами дает 2,3 иона, над кристаллическими – 5,0 иона.

Эта ионизация вызывается находящимися в почвах радиоактивными элементами – ураном, торием, калием и др.

В воздухе главным образом господствует радон: в среднем 4,5 иона на 1 см³ (газообразный радон). Космическое излучение дает в среднем 1,9 иона. Колебания могут наблюдаться между 4 и 30 ионами.

Эти излучения исходят из Галаксии (§ 5), и, по-видимому, они связаны с появлением «новых звезд» – Nova и Supernova [3].

Эти звезды становятся вдруг из маловидимых или выявляемых только телескопически и фотографически звезд, как бы под влиянием взрыва, звездами первой величины и выше.

Возможно, что в это время интенсивность космических излучений увеличивается и остается таковой во все время, пока “новая звезда” может быть замечена.

Максимальный наблюдавшийся случай продолжительности существования такой звезды – шестнадцать месяцев. Это звезда Тихо де Браге (1546–1601 гг.), появившаяся в 1572 г. Это была, вероятно, самая яркая из всех новых звезд, наблюдавшихся в центрах нашей цивилизации в историческое время, и была видна простым глазом даже днем. Это первая научно описанная “новая звезда”.

Непрерывность космических излучений ясно показывает, что, помимо таких исключительных случаев, загорания звезд есть обычное их проявление от незаметных для современной техники (по их слабой яркости) звезд.

Мы должны считаться с фактом их непрерывного существования за все время астрономических наблюдений до нашей эры, когда упоминание о них было найдено в летописях.

Последняя звезда “Nova Puppis”¹ [4] наблюдалась в ноябре 1942 г., перед ней яркая звезда была в 1918 г.

Явления, интересующие геологов в космических излучениях, помимо приноса космических радиоактивных элементов на нашу планету и мощных неделимых энергии – фотонов, в настоящее время связаны с идущими в них ядерными трансформациями, несравнимыми по своей мощности с обычными фотонами нашей планеты. Неясно, нет ли в них нахождения нейтронов, геологическая роль которых в настоящее время едва намечена и, вероятно, очень велика. В новейшей попытке дать научную теорию этих явлений Росси и Грейзен (1941 г.) [5] приходят к заключению, что как раз эти ядерные процессы являются “сравнительно редкими и, кажется, не играют существенной роли в тех эффектах космических излучений, которые по большей части наблюдаются [физиками]. Таковы поглощение или рассеяние мезотронов, или образование потоков электронов и фотонов”.

С таким состоянием наших знаний приходится считаться. Возможно, что в геологических явлениях нашей планеты как раз будут иметь место и значение те явления, которые кажутся для физиков и астрофизиков менее важными и являются для космических излучений наименее яркими. Мощное явление Млечного Пути может сказываться на нашей планете – пылинке в Млечном Пути – как раз в таком виде.

Эти лучи для нас исходят из Галактики. Но на этом энергетическое влияние космических излучений не заканчивается. Помимо образования радиоактивных элементов, которые, вероятно, приходят к нам как таковые, они должны вызывать во время своего прохождения через вещество нашей планеты разрушение отдельных разнообразных атомов, встречающихся на их пути в земном веществе, и превращение их в другие аналоги искусственных изотопов.

В своем дальнейшем изложении я исхожу из научной гипотезы, что на своем пути эти лучи разбивают атомы большинства химических элементов, и постоянно происходит синтез огромной, при этом выделяемой тепловой энергии, которая должна иметь большое геологическое значение, которое до сих пор, взятое в целом, геологами не учитывается.

Эта рабочая научная гипотеза может быть в ближайшее же время проверена, так как это отвечает особому геохимическому явлению рассеяния химических элементов. Это явление в химии нашей планеты установлено мною в 1909 г. [6], и сейчас проверка его должна быть поставлена как одна из задач Лаборатории геохимических проблем. Тогда гипотеза превратится в эмпирический факт. Эти природные рассеянные элементы, *атомный вес ни одного из которых не был до сих пор определен*, должны отвечать так называемым искусственным элементам, которые искусственно получают под влиянием полей большого напряжения позитронов, нейтронов и мощных фотонов и т.п. Они должны быть другого атомного веса, чем обычные земные элементы.

Еще несколько слов. Взятые в своей массе и радиоактивные элементы, указанные Гессом, и искусственные рассеянные элементы являются ничтожными по массе в веществе проникающих космических излучений. Но они идут непрерывно. Проникающие излучения проходят через всю тропосферу

¹ Puppis – корма. Это часть большого созвездия «Корабль Арго», лежащего южнее созвездия «Большого Пса».

и, конечно, более высокие оболочки (см. § 94), до нескольких тысяч километров, начиная с ионосферы, могут проходить через подземную тропосферу и проникают на несколько сотен метров в океаны и в другие водные бассейны. В коре выветривания они идут, по-видимому, на десятки метров, если не больше. Этот вопрос не был эмпирически изучен.

2. Основы представления о строении *Космоса из Галаксий* были положены многолетней работой В. Гершеля (1738–1822 гг.), великого точного астронома, наблюдателя, мыслителя, строгого эмпирика [7]. В его работе ему помогала его сестра Каролина Гершель (1750–1848 гг.), намного его пережившая. Она продолжала его работу после его смерти [8].

В. Гершель, немец по происхождению, был привезен в Англию королем Англии из Ганновера Георгом III (1738–1820; король – с 1760 г.), который сам тоже был немцем. Гершель был привезен в качестве придворного музыканта и как астроном нашел действенную поддержку короля. Можно, может быть, считать это самой большой заслугой Георга III перед Англией и перед человечеством.

Вильям Гершель сделался великим английским астрономом и произвел переворот в астрономии. Он впервые выделил звездные миры как «мировые острова» звездной Вселенной – теперешние Галаксии (спиральные туманности).

Только в последние десятки лет, в XX в., были поняты мировые острова Гершеля как Галаксии, как *звездные спиральные туманности* [9] – особые гигантские естественные, материально-энергетические тела (системы). Наш Млечный Путь представляет нам вблизи такую спиральную туманность¹, и в ней, в проекции на наш небосвод, мы наблюдаем сотни других спиральных туманностей, лежащих далеко за пространством, за пределами Млечного Пути, в реальности дающих нам возможность ощущать безмерность и организованность Космоса.

Спиральная туманность Млечного Пути, т.е. нашей Галаксии, имеет форму колоссальной линзы, в вакууме которой рассеяны материально-энергетические тела – ионы, свободные атомы и молекулы, космическая пыль, метеориты, кометы, планеты, звезды.

Большой заслугой С. Аррениуса (1859–1927 гг.) была установка, что среди пыли должны находиться бесчисленные споры – *зародыши живого вещества*, которые исходят из планет, земных планет, по крайней мере, и на них вновь попадают в ходе времени².

3. Несомненно, движение звезд по спиральям подчиняется ньютоновым законам. Исходя из этих законов, положение звезд в спиральях подтверждается научным наблюдением. Мы здесь сталкиваемся подобно тому, что мы имеем для живого вещества, с пространственно-временным проявлением *правизны и левизны*, как известно, ярко геометрического природного свойства, пропускемого обычно в постулатах или аксиомах *геометрии*.

¹ Правую или левую – не вполне ясно, но так как движение звезд в ней идет посолонь, надо думать – правую.

² Аррениус имел предшественников, но только после его указания этот факт вошел в кругозор астрономов и геологов. В пределах Солнечной системы эти споры могут попадать из сферы одной планеты в другую так быстро, что ультрафиолетовые излучения их не разрушают.

Стоя на эмпирической почве, я буду и здесь оставаться на ней и не буду входить, поскольку это возможно, в область научных гипотез (см. § 1) и научных теорий. Вопрос ясен, надо раньше углубить основы геометрии [10].

Физики и астрофизики нашего времени с 1905–1915 гг. исходят из физического космического пространства-времени Эйнштейна [11]. Оно мыслится иногда конечным, иногда бесконечным; но с конечным, конкретно нам известным, максимальным по пространственным размерам, естественным телом – Галаксией – они при этом не считаются.

При научном изучении планетной системы реально нам едва ли придется встречаться с пространством-временем Эйнштейна. Геолог, изучающий одну планету, да еще маленькую, может спокойно, мне кажется, оставить в стороне эти идеологические пространственные представления физиков и астрофизиков, исходить не из дедуктивных теоретических представлений о реальности, а из эмпирических фактов: опыта и наблюдения.

Он имеет дело с Землей, с маленькой планетой, т.е. с геометрической точкой в том мировом пространстве-времени Эйнштейна, с которым, думает, что имеет дело физик, и с которым должен считаться на каждом шагу в своей эмпирической работе астрофизик. Геолог с этим пространством-временем физика и астрофизика, может быть, и не связан, как это и было до сих пор в истории геологии. Я буду исходить из логически другой постановки вопроса, буду исходить из наблюдения и изучения естественных – больших и малых – земных и космических природных тел и явлений, пространственно или пространственно-временно ограниченных. Так строится все естествознание, все научное представление о реальности.

Вдумываясь в реальность, в данном случае в галаксии, я вижу, что считаться с «умственным опытом», на который всецело опирается реальность пространства-времени Эйнштейна, для нас – для Космоса – логически неправильно и, пока что, я не буду пользоваться представлениями эйнштейновского пространства-времени. С этой точки зрения к пространству Эйнштейна не подходили¹.

4. Я буду исходить из эмпирических данных о нашей Галаксии, Млечном Пути, выявляющемся нам как большая линза с правым спиральным строением (см. § 2), и из нашей *Солнечной системы*, которая составляет ничтожную часть Млечного Пути.

Мне кажется, в геологии мне одному из первых приходится считаться с этими формами проявления галактической энергии как с геологической силой. Но давно уже учитывалось их материальное значение в геологии биосферы в форме космической пыли и метеоритов, хотя не сознавалось или не подчеркивалось, что это материальные тела Галаксии, что и этот источник, по существу чисто галактический, только временно перехватывается и задерживается вакуумом Солнечной системы. Но вакуум Солнечной системы неизбежно вносит в него изменения.

¹ Нельзя забывать, что вихри вещества и энергии в Галаксиях являются одним из немногих представлений об окружающем, с которым Ньютону и ньютонианцам пришлось бороться вплоть до первой половины XIX в. как с чуждым построением Ньютона (Кювье и Гёте). Вихревое строение природы выдвигал Р. Декарт (1596–1650 гг.), исходя из чисто философских представлений.

В этой области знаний в последнее время назревает представление о том, что в вакууме Галаксии идет превращение энергии в материю. Назревает представление, с чем мы сталкиваемся и в других явлениях, что вакуум не есть пустота с температурой абсолютного нуля, как еще недавно думали, а есть активная область максимальной энергии нам доступного Космоса. То есть пустоты нет. Мы вернулись к старому спору средневековых философов и ученых, но в отличие от них идем экспериментальным путем – путем наблюдений.

Учитывая все вышесказанное, можно отметить, что влияние Млечного Пути, т.е. Галаксии, для нас, по-видимому, доминирует. Этого и следует ожидать, соответственно тому небольшому реальному пространству, которое Солнечная система имеет по отношению к пространству-времени Галаксии.

Размеры Солнечной системы, по сравнению с размерами Галаксии – Млечного Пути, становятся нам более ясными, если мы примем во внимание количество отдельных звезд-солнц в Галаксии (наше Солнце – одна из огромного числа звезд, закономерно входящих в Галаксию Млечного Пути). Наши эмпирические представления находятся на границе достаточной точности, и пока я буду пользоваться минимальными и максимальными представлениями об их размерах как дающими нам реальное численное понятие о точности нашего понимания этих явлений.

Числа, с которыми мы должны серьезно считаться, колеблются. Минимальные числа дают Швиннер [12] и Сире и Джойнер [13]. Это 10^9 – миллиарды солнц-звезд (Швиннер) и 10^{10} – десятки миллиардов (Сирс и Джойнер). Максимальное число дал недавно В.Г. Фесенков – 10^{13} – десятки триллионов [14].

Расстояния между этими звездами, рассеянными в Галаксии, исчисляются световыми годами. Световой год $9,46 \cdot 10^{12}$ км = $0,9460 \cdot 10^{18}$ см¹. Самая близкая к Солнцу звезда лежит на расстоянии 4 световых лет.

Радиус Галаксии в направлении экватора от 11 700 (Зеелигер) и до 14 625 световых лет (Каптейн), по Швиннеру [15].

Радиус Галаксии в направлении сплюсненности, по Зеелигеру, 2925 и, по Каптейну, 3250 световых лет. Отношения обоих диаметров – 4 и 4,5 к 1. Швиннер приводит еще числа Заметингера, у которого отношение между диаметрами близко 2 : 1.

Из этих цифр видно, что космический вакуум пространственно господствует как таковой, и газообразное вещество, которое представляют собой звезды и Солнце, геометрически теряется в космической пустоте.

5. Звезды, наибольшие по массе скопления материи, являются газообразными телами, причем это частично обычный газ, с которым мы имеем дело на нашей планете. Но все больше начинает выясняться существование на них таких форм газа в большом количестве ближе к центру звезды, которые нам на нашей планете совершенно недоступны; такой формой является газ из ядер атомов.

Такой газ на нашей планете существовать не может. Синтез этого явления нам пока недоступен, как недоступен синтез глубинно-планетного вещества. Существование такой формы вещества может считаться эмпирически про-

¹ Очень часто эти расстояния измеряют *парсеками*. Парсек равен 3,25 световым годам.

чным, так как масса каждой звезды превышает все наши представления о существующей у нас на Земле плотности вещества. Самое плотное вещество на Земле – металлический иридий с удельным весом 22,4.

Вычисляя плотность газообразных масс, которые составляют солнца–звезды, мы приходим к величинам, которые в сотни и многие тысячи, даже в миллионы, раз превышают плотность планетных тел.

Простое объяснение, что это – газ не из химических соединений, а из ядер атомов, характерных для звезд, не встречает никаких эмпирических возражений¹.

То, что мы имеем такое газовое вещество, отвечает для нас реальности².

6. Прежде чем идти дальше, надо на этом остановиться. Огромное пространство или пространство-время реальности – Космоса – в наших представлениях вырисовывается как материально «пустое» или «почти пустое» пространство – *космический вакуум*. Представление о нем быстро коренным образом меняется.

Сотни лет господствовало представление о космическом вакууме как о пустоте с температурой абсолютного нуля, как нас учили и как и теперь, кажется, учат в наших школах.

Я помню со своей молодости, какое впечатление на меня произвело в конце 70-х годов предисловие Д.И. Менделеева (1834–1907 гг.) к русскому переводу книги Мона о погоде [16]. Он указал, что разгадка погоды находится в современной ионосфере, в вакууме, подчиненном вращению нашей планеты. Это было великое предвидение будущего.

7. Сейчас мы стоим перед разгадкой «пустого» мирового пространства – вакуума. *Это лаборатория грандиознейших материально-энергетических процессов.*

Можно различить ряд космических вакуумов, которые все не являются пустотой. При современном состоянии знаний в этой быстро разрастающейся области мы пока можем выделить следующие различные вакуумы – самые большие по своим геометрическим размерам, естественные тела, наблюдаемые человеком в природе. По-видимому, они все обладают такого рода свойствами: чем меньше материальных тел в них находится, тем выше их «температура», которая будет выражать нам как бы скопление свободной энергии для этих просторов – поле сил. Это не есть эмпирическое обобщение, но выдвигается мной здесь как рабочая научная гипотеза.

Я буду перечислять их в порядке увеличения количества материально-энергетических частиц, в них закономерно находящихся.

1. Космический вакуум за пределами Галаксии, в котором находятся все Галаксии, в том числе и Млечный Путь. Может быть, здесь есть неизвестные нам другие естественные тела.

2. Галаксии, или спиральные туманности, и их вакуум.

¹ Атомы материи по размерам отвечают порядку 10^{-8} см, а их ядра 10^{-12} см в обычном земном веществе (см.: Биогеохимические очерки. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 97). Главная материальная масса атома сосредоточена в ядре. Материальный атом как бы является вакуумом, в котором подавляющая часть материи сосредоточена в ядре. Эти образные представления еще больше заставляют нас представлять вакуум как концентрацию энергии.

² Предположение Джинса о том, что некоторые звезды состоят из жидкого вещества, эмпирически как будто бы не доказывался.

3. Вакуум газовых туманностей.

4. Вакуум космических облаков – материальной космической твердой пыли.

5. В пределах Галаксии – вакуум Солнечных систем.

Через все или через большинство этих естественных тел непрерывно идут излучения в основной своей части энергетические, но и материальные (см. § 1).

Для моей цели мне нет надобности в полном рассмотрении небесных тел, независимых от Млечного Пути. За последние годы чрезвычайно увеличивается простор звездной астрономии и наряду с фактическим ее материалом увеличиваются и гипотетические ее построения. Последние я, по возможности, оставляю в стороне. Так, я оставляю в стороне планетарные облака и т.д.

Мы должны иметь в виду, что, может быть, прав недавно умерший астроном Ватиканской обсерватории в папском Риме Хаген, который в течение всей своей долгой жизни наблюдал и зарисовывал небо простым глазом. Он доказал, что значительная часть звездного неба скрыта от нас всюду неправильно рассеянными непроницаемыми пылевыми облаками. Фотография звездного неба, которая служит эмпирической основой современной астрофизики, нам их не выявляет.

Мы имеем попытки, заслуживающие внимания, определения дисперсности материальной среды в некоторых из этих вакуумов.

Такова попытка Р. Швиннера 1936 г. для Млечного Пути. Он дает среднюю плотность его вакуума – нашей Галаксии – замещение пространства материальной средой – $2 \cdot 10^{-24}$ г/см³. Другими даются более высокие цифры, в 2–10 раз больше.

Хаббл (за пределами или во внешних частях линзы-галаксии) дает $1,5 \cdot 10^{-31}$ г/см³. Материя, таким образом, как бы исчезает в космическом вакууме, который является мощной энергетической средой. Все эти вычисления только приблизительные, но все-таки вскрывают реальные явления.

8. В последнее время (1941 г.) работы астрономов Института Карнеги в Вашингтоне дали некоторые количественные данные о химическом и физическом составе мировой «пустоты». По их первым количественным подсчетам в кубическом метре находится в среднем около 6 атомов натрия; 0,2 атома калия; 0,1 атома кальция; 0,001 атома титана, много атомов водорода, некоторое количество атомов железа и свободных электронов. Легкие элементы – водород и гелий – количественно выступают на первое место [17].

Атомы эти находятся в быстром движении, собираются в «тучи». Очевидно, это только первые данные об огромном природном естественном теле.

Кроме этих атомов, мы наблюдаем и рассеянные простые молекулы – гидриды, среди которых определены СН, NaH [18], а также CN. Кроме того, есть ряд спектров химических элементов, или молекул, которые до сих пор нам непонятны. Проблема эта сейчас исследуется в обсерваториях США, и астрономы Висконсинского университета в обсерватории на горе Вильсона: д-р Стеббинс [19] и его сотрудники описывают эти явления как связанные с Солнечной системой, которая охвачена большой газовой тучей, толщина которой равна 1600 световых лет и которая распространяется на сто тысяч световых лет до границы Млечного Пути. Нельзя сейчас окончательно выяснить этот вопрос, но возможно особое сгущение рассеянных газов Солнечных систем.

Для нас важно, что электромагнитное поле Земли – ионосфера (см. § 96) – охвачено, по-видимому, теми же молекулами и атомами и, помимо прочего, электромагнитным полем Солнца. По-видимому, галактическое пространство Млечного Пути и пространство Солнечной системы захвачены рассеянным газом. *Пустоты нет*. По работам Института Карнеги в Вашингтоне половина Млечного Пути захвачена такой газовой пылью.

Об этих пространствах с рассеянными атомами и молекулами правильнее мыслить не как о пустоте «вакуума», но как о *концентрации своеобразной энергии*, в рассеянном виде содержащей колоссальные запасы материи и энергии. Если это так, то едва ли правильно думать, что температура этих пространств будет близка к абсолютному нулю; она будет очень разнообразна¹. Ближайшим аналогом этого явления будут для нас верхние геологические оболочки нашей планеты, которые, по-видимому, геометрически неотделимы от этих космических пространств. Это – тоже мощное поле сил.

9. Центрами максимального сгущения материй и энергии в Галактии, как было уже указано (см. § 4, 5), являются звезды. Звезда нашей Солнечной системы – наше Солнце – является одной из карликовых звезд по своим размерам. Есть звезды, гораздо бóльшие по массе и по размерам. Приведу два-три примера (табл. 1).

Но размерами не исчерпывается классификация звезд. Для моей цели, когда дело идет только о нашем Солнце, я могу здесь не вдаваться в подробности. Для геолога важно только, чтобы он точно определил место нашего Солнца, спутником которого является наша планета, в системе всех остальных звезд Солнечной системы. Помимо деления по величине и спектрам, мы имеем случаи систем из двух-трех звезд.

Наша звезда является одинокой звездой. Всем известная звезда – Сириус, тройная звезда, причем одна из этих трех звезд темная. Это тела, для нас совсем чуждые, что полезно иметь в виду, когда мы говорим о планетах как спутниках звезд.

Мы имеем сейчас благодаря спектральному анализу и точному изучению физико-химических свойств солнечных газовых масс точное представление о строении нашего Солнца, которое мы должны рассматривать как одно из многих и, как мы видели, даже как одно из карликов (см. табл. 1). Оно, как нам пока кажется, не представляет ничего особенного и ничем не выделяется среди других звезд. Отсюда мы можем сделать очень важный логический вывод (который мы можем считать эмпирическим), что изучаемые в геологии явления не только распространяются на другие планеты, но и на другие солнечные миры, схожие с нашим Солнцем.

10. Наши знания о Солнцах (звездах) могут быть сведены к точным физико-химическим эмпирическим данным. Основные понятия были даны благодаря открытию в середине прошлого столетия спектрального анализа и применению его к исследованию света звезд. Первые подразделения даны А. Секки и по спектрам были выделены определенные классы звезд.

¹ Учитывая эти явления, нельзя оставлять без внимания быстро движущуюся атомную и молекулярную пыль как источник механической энергии, что, по некоторым указаниям, считал допустимым одно время Ньютон.

Некоторые свойства звезд, по Швиннеру [20]

Звезда	Диаметр	Масса	Плотность, г/см ³	Диаметр и масса Солнца принима- ются за единицу
				Спектр по Гар- вардской класси- фикации
α -Скорпиона – Антарес	480	80	$3 \cdot 10^{-7}$	Мо
α -Ориона – Бетельгейзе	290	15	$6 \cdot 10^{-7}$	Мо
α -Тельца – Альдебаран	60	4	$2 \cdot 10^{-5}$	K5
α -Волопаса – Арктур	30	8	$3 \cdot 10^{-4}$	K0

Примечание. Для того чтобы правильнее представить себе те величины, с которыми мы имеем дело, удобно выразить в тех же единицах, т.е. в длине диаметра Солнца, диаметр орбиты Марса и Земли. Диаметр орбиты Марса будет равняться 328 диаметрам Солнца, а диаметр орбиты Земли будет 215 диаметров Солнца.

Я приведу здесь Гарвардскую таблицу (табл. 2) различных по спектрам звезд, дающую нам достаточное представление о сложности этого явления.

Есть еще звезды типов R и N со спектрами из полос. Наиболее яркая часть полосы соответствует красной части спектра. Состоят из угольной кислоты и циана. В звездах N совсем уже исчезает синяя часть спектра.

Наше Солнце, как видно из этой таблицы, принадлежит к своеобразному промежуточному классу. Дальше пока мы идти не можем.

Химический характер спектров дает нам понятие только о небольшой части вещества звезды (а именно о той части, которая в данных условиях светится), благодаря высокой температуре или благодаря особому электро-

Классификация спектров звезд, по Швиннеру [21]

R – Газовая туманность или планетарное облако, светлые линии.

O – Звезды Вольф–Райе (Wolf–Rayet), светлые линии на слабом непрерывном фоне.

Проявляющаяся температура – 29 000°.

B – Гелиевые звезды (E–Ориона). Темные линии поглощения, преобладает гелий: B0 – 22 000°, B5 – 15 000 °С.

A – Водородные звезды (Сириус). Линии Бальмеровской серии водорода. Появляются уже металлические линии: A0 – 11 000°, A5 – 9000°.

F – Кальциевые звезды (Процион). Водородные линии еще наблюдаются. Кальциевые линии очень сильны: F0 – 8000°, F5 – 7000°.

G – Наше Солнце. Металлические линии преобладают. G0 – собственно Солнце – 6000°, G5 – 5000°.

K – Металлические звезды (Арктур). Металлические линии сильнее, другие – слабее. Фиолетовые концы спектра слабые. K0 – 4500°, K5 – 3750°.

M – Звезды окиси титана (Бетельгейзе). Ma – 3500.

магнитному состоянию (ионизация). Оба эти обстоятельства зависят от температуры. Поэтому как характеристика целой звезды эта спектральная классификация и вошла в жизнь. Существуют попытки на основании этой классификации дать эволюцию звезд; существовали многочисленные научные теории, которые принимались как научные утверждения. Мне кажется, здесь была велика роль индийского астронома и физика Саха [22]. Он указал на значение ионизации.

11. В. Гершель оценивал размеры *Галаксий* – своих звездных островов – в два миллиона световых лет (световой год – $(9 \cdot 46) \cdot 10^{12}$ км). Этот подсчет подтвердился.

В нашей Галаксии находятся (может быть, проектируются?) *газовые туманности*, одна из которых видна простым глазом в созвездии Ориона. По-видимому, эти газовые туманности отличаются от тех газов, которые проникают весь вакуум *Млечного Пути*, и от того газа, из которого состоят звезды.

Они охватывают почти четвертую часть пространства нашего Млечного Пути [23]. Наиболее мощный современный 100-дюймовый телескоп охватывает, по Р.Г. Айткену [24], сферу космического пространства радиусом в 600 миллионов световых лет, т.е. радиусом в $5,68 \cdot 10^{21}$ км. Строящийся в США 200-дюймовый телескоп увеличит диаметр этой сферы вдвое, т.е. до радиуса $11,35 \cdot 10^{21}$ км.

Но, кроме того, количество видимых миров увеличивается с улучшением методики фотографической съемки. Сейчас произошло значительное их увеличение в связи с введением новых фотографических пластинок для инфракрасного света, при помощи которых открыты в звездном пространстве такие звезды, о которых мы и не подозревали.

Неясно в некоторых случаях пространственное положение видимых и фотографируемых космических естественных тел.

Ясно, что космический *вакуум* проникает всю нашу Галаксию с Солнечной системой, но для *газовых туманностей* это не так: несомненно, но весьма вероятно.

Центр Млечного Пути, если его рассматривать от Солнца, находится в направлении звездных облаков в созвездии Стрельца (Sagittarius) в Южном полушарии (H. Sp. Jons).

Явно только проектируются и в действительности далеко лежат пространственно от нас *спиральные звездные туманности*, чуждые нашей Галаксии, Млечному Пути, независимые от него *звездные острова*. Нахождение их за пределами нашей Галаксии сейчас доказано: они находятся от нас на расстоянии в сотни тысяч и миллионы световых лет.

Замечательным явлением для спиральных туманностей – для Галаксии – является наблюдение, что чем дальше спиральная туманность лежит от нашей Галаксии, тем с большей скоростью она от нее как будто удаляется. Любопытно, что русский физик, рано умерший, А.А. Фридман (1888–1925 гг.) еще раньше этого указал, что эйнштейновское пространство может приводить к такого рода визуальному, по-видимому, реальному явлению. Пространство как будто бы пульсирует. На основании многолетних наблюдений североамериканский астроном Э. Хаббл указал в 1942 г. [26], что свойства эйнштейновского пространства как будто количественно подтвердить этого не могут.

Для выяснения этого явления надо ждать окончания постройки большого телескопа, о котором упоминалось выше.

Таким образом, мы можем оставить здесь это явление без рассмотрения. Оно выходит за пределы тех явлений, которые наблюдаются в геологии. Так, по крайней мере, это сейчас нам представляется.

Для Галаксии важно обратить внимание на характер их спиралей – *правые или левые* (см. § 2). Это явление не изучено, но, возможно, отражается в земных процессах [27]. Оно ждет изучения и объяснения.

12. Перейдем теперь к пространственным проявлениям в геологических процессах нашей *Солнечной системы*, главным образом Солнца. Всем понятное народное обобщение, что Солнце нагревает Землю и вызывает жизнь, вошло окончательно в европейскую научную мысль только в конце XVIII, в начале XIX в. В конце XVIII в. крупный французский ученый Роме де Лиль [28] свел в одно целое данные, научно доказывающие это, а в первой четверти XIX в. французский физик Фурье [20] математически это обработал.

В геологии мы видим проявление Солнечной системы на каждом шагу. Мы связаны с нашим Солнцем, не только с его излучениями, но и пространственно, неразрывно через ионосферу (см. § 95, 96). *Мы имеем одно общее электромагнитное поле с Солнцем в ионосфере.*

В Галаксии Млечного Пути звезды множества Солнечных систем (в каждой одна звезда – солнце – на систему) располагаются друг от друга на таких расстояниях, что можно считать Солнечные системы уединенными мирами звезд. Современный английский астроном Джинс образно выразил это так: столкновения между ними могут происходить только раз в $6 \cdot 10^{15}$ лет, т.е. фактически никогда, так как мы не знаем ни одного природного явления такой длительности, кроме явлений атомных, а атомы нельзя сравнивать с небесными телами¹.

Атомы отвечают микроскопическому разрезу мира, а астрономические тела – макроскопическому (см. ч. II, § 120, 218).

В явлениях радиоактивности, в микроскопическом разрезе мира, мы встречаемся с порядками, эту величину превышающими. Их научный учет в геологии – дело будущего, может быть близкого.

Говоря здесь о столкновении, я беру этот пример как образное сравнение, отнюдь не придавая ему реального значения, которое ему придавали космогонические гипотезы для объяснения начала того закономерного строения Космоса, которое вскрывается астрофизикой. Но идея о существовании *начала* выдвинута только религиозными концепциями, воспринятыми философской мыслью. Исходя из научного наблюдения в геологии, как ярко выразил в конце XVIII в. современник В. Гершеля, один из создателей геологии шотландец Д. Геттон (1726–1797 гг.) в Эдинбурге, мы не видим ни начала, ни конца [30]. Мы имеем дело с *длением* в частности, в истории живого вещества с *эволюцией* в ходе времени органических форм на нашей планете (см. § 199–200), прослеженных эволюцией на протяжении 10^9 лет, причем никаких признаков ни начала жизни на Земле, ни ее конца мы не видим.

¹ В теоретических представлениях о делении химических элементов максимальные подсчеты 1928 г. Д. Джинса дают 10^{17} лет, а Д. Пуля – 10^{23} лет.

Я буду во всем дальнейшем изложении исходить из *геологической вечности, т.е. из безначальности основных наблюдаемых на нашей планете явлений* в пределах геологического времени.

Для ученых Дальнего Востока и Индии понятие начала природных явлений не кажется неизбежным. Для них понятие геологически вечного более понятно. Корни его мы видим и у древних эллинов.

13. Роль Солнца на Земле и на всех планетах совершенно исключительная. Мы еще недостаточно глубоко понимаем геологическую связь с нашей центральной звездой и недостаточно ее учитываем.

Оказывается, что наша Солнечная система имеет более сложное строение, чем мы предполагали. Она охвачена огромным газовым облаком [31].

Солнце за последние столетия подвергается все более точному и все более непрерывному наблюдению, и с каждым годом сознание значения его для нашей Земли все увеличивается. Оно состоит из газа, находящегося на его поверхности в непрерывном движении, причем представляется почти несомненным, что в центре Солнца этот газ состоит из одних только атомных ядер. Среди газов преобладает водород, и в центре Солнца мы имеем водородный газ, состоящий только из ядер водорода – протонов, лишенных электронной оболочки. Этот газ вследствие этого имеет удельный вес – материальную ядерную плотность, отсутствующую на нашей планете и равную примерно 85 [32], если отнести ее к весу грамма воды при 760 мм и 4 °С на нашей планете.

Тел такой плотности на нашей планете не бывает – и вообще на планетах, в их физических полях, она существовать, по-видимому, не может. Это естественные тела внутренности звезд. Для того чтобы понять положение нашего Солнца в реальности, достаточно указать, что есть звезды, в которых плотность их ядерного газа равна при том же мериле тысячам и даже, может быть, миллионам.

Энергию Солнца объясняют в настоящее время переходом атомов водорода в атомы гелия – радиоактивным синтезом гелия. Что-нибудь вроде этого весьма вероятно. Благодаря этому в течение двух–трех миллиардов лет, которым отвечает наша геологическая история, мы не видим никакого изменения мощности солнечной энергии.

Я не буду останавливаться на связанных с этим теориях и приведу как пример одну, кажущуюся возможной. По теоретической схеме немецкого физика Бете (теперь в США), ионизированный водород переходит через ионизированные изотопы углерода (^{12}C – ^{13}C), азота (^{13}N – ^{15}N), кислорода (^{15}O) с выделением электронов и γ -лучей в ионизированный гелий (^4He), т.е. в α -частицы. Этот процесс доходит до атома гелия в течение больше 6,5 млн лет. Бете допускает каталитическое действие ядер углерода, производящее этим путем в десятки миллионов раз больше энергии, чем ее дает сгорание каменного угля [33].

Эта теория была разработана в последние годы (1941–1942 гг.) проф. Сиднеем Чэпменом [34]. По его теории, этот процесс начинается, когда солнечный газ достигает температуры $20 \cdot 10^6$ °С и при давлении около $10 \cdot 10^9$ атм центра Солнца, благодаря горению ядер водорода, длительность которого тысячи миллионов лет. При этом ядра водорода (протоны) переходят в ядра гелия под действием катализатора, которыми являются ядра углерода ^{12}C .

Я не буду входить в подробности этой возможной теории. Читатель может ознакомиться с ней в оригинале.

В секунду Солнце теряет этим путем 4 млн т поверхности достигает 6000 °С.

Наша Земля получает только $4.5 \cdot 10^{10}$ – часть его энергии. Эта маленькая часть равняется далеко немаленькой величине $170 \cdot 10^{12}$ кВт [35].

Кроме атомной энергии, в этой теории надо принимать во внимание энергию тяготения, связанную с лучеиспусканием.

Но Солнце дает нашей планете не только тепловую и световую энергию, ее перестраивающую. Мы знаем теперь, что верхняя оболочка (см. § 95) нашей планеты, электромагнитное поле Земли, захватывается материально и реально электромагнитным полем Солнца.

Эта реальная материальная связь показывает, что, помимо того синергетического значения Солнца, испускаемого им света и тепла, которое известно человеку десятки тысяч лет, сознательно с начала палеолита, если не раньше, перед нами стоит конкретно вопрос о значении материальных излучений Солнца в виде химических соединений, конкретных тел, значение которых будет увеличиваться по мере роста научного знания (см. § 1).

14. Помимо света и тепла, все больше выясняется значение электромагнитных явлений как на нашей Земле, так и на Солнце. И Солнце и Земля являются сферическими магнитами, причем явна связь этих электромагнитных полей с вращением обоих небесных тел вокруг своих осей.

Сейчас мы можем только внешне охватывать это явление, теория которого еще далека от научного ее признания. И основные эмпирические факты еще установлены. Для обоих небесных тел магнитные полюсы расположены вблизи гравитационных полюсов вращения, но с ними далеко не совпадают и перемещаются по отношению к ним в течение столетий (по данным И.А. Флемминга [36] из Института Карнеги в США).

Для Солнца северный магнитный полюс отстоит на 4° от полюса вращения. Для Земли это расстояние значительно больше. Оно достигает примерно порядка $11,5^\circ$. Перед мощностью электромагнитного поля Солнца электромагнитное поле Земли является несравнимым. Оно выражается в полярных сияниях, непрерывно связанных с тяготением нашей планеты в ионосфере, на тысячу километров над уровнем геоида, непрерывно существующих в пределах ионосферы.

Проявления этих сияний, научное изучение которых было блестяще начато в нашей стране М.В. Ломоносовым, а сейчас сконцентрировано в Скандинавии и отчасти в США, требует с геологической и с геохимической точки зрения более организованной государственной работы, чем это имеет место сейчас.

Мы не должны забывать, что до сих пор не ясно (что, однако, может быть решено), является ли ядро нашей планеты металлическим телом или же оно является электромагнитным полем, связанным с ферромагнетизмом железа или никеля.

Решить этот вопрос можно только, установив наблюдения над полярными сияниями и над действиями магнитных полей Земли – области ее магнитных полюсов – над концентрацией ферромагнитной космической пыли и железоникелевых метеоритов в магнитных полюсах, находящихся на нашей терри-

тории. Это одна из задач, которая была поставлена перед войной в Метеоритном комитете Академии наук [37].

Солнечный магнетизм прямо не действует на магнитное поле Земли: он для этого недостаточно силен, хотя в сотни раз сильнее магнитного поля Земли. Нарушение состояния магнитного поля Земли, так называемые магнитные бури, всегда сопровождающиеся полярными сияниями, вызываются потоками электризованных частиц из солнечного пространства, сложным образом связанных с солнечным магнетизмом. Самая большая буря в солнечных пятнах наблюдалась от 25 февраля до 5 марта 1942 г. Магнитное поле достигло величины 500 Гс. Дальнейшие наблюдения позволят нам разобраться в этом явлении.

В американской обсерватории на горе Вильсон установлено непрерывное наблюдение за солнечными пятнами в течение больше четверти столетия. Ни одно не превышало этой величины.

15. Выводы геологии не менее важны для планетной астрономии, чем выводы этой последней для геологии, ибо Земля есть единственная планета, которую мы можем изучать во всеоружии с той огромной мощностью, которой обладает методика современного естествознания. Астроном должен считаться с современными выводами геолога и вносить поправки в свои заключения, которые *могут* в целом ряде случаев *менять коренным образом выводы планетной астрономии*. С этой точки зрения одним из главнейших выводов является то, что все *главные физические проявления Земли как планеты*, например ее температурные и физико-химические условия, связаны не с Солнцем, а с другими космическими силами, среди которых на первом месте стоят: радиоактивный распад атомов и проникающие космические излучения, связанные, как мы увидим это дальше, с нашей Галаксией (см. § 19, 20). Эти космические источники сил превышают в своих эффектах влияние звезды (Солнца), спутником которой наша планета является. Температурный режим ее, взятый в целом, коренным образом иной, чем тот, который возникал бы под влиянием Солнца. Не принимая этого во внимание, астроном приходит к выводам, явно не отвечающим действительности. Солнце по своему значению на нашей планете – по данным геологии – отнюдь не играет той исключительной роли, которую рисует планетный астроном для планет.

Точно так же и другой вывод планетной астрономии противоречит тому, что мы наблюдаем на нашей планете. Это образование атмосфер. Земная атмосфера связана не только со всемирным тяготением, т.е. со скоростью отлета, а она биогенного происхождения, связана со скоростью размножения организмов, т.е. со скоростью биогенной миграции атомов (см. § 155–157).

Вполне мыслимы такие условия, в которых биогенные газы будут образовываться с такой скоростью, что ограничивают проявления скорости отлета, что мы как раз и наблюдаем на Земле.

Скорость отлета будет определять только высоту атмосферы и ее концентрацию и вызывать, может быть, большой уход в солнечное пространство легких газов.

16. Общими свойствами всех планет являются следующие:

1. Все планеты являются телами вращения по форме, холодными и твердыми в главной своей массе.

2. Все планеты состоят из *концентрических оболочек*. Можно среди них различить три основных их проявления. Во-первых, наружную – газообразную, заключающую жидкие и твердые тела, сверху переходящую в природный вакуум (см. § 7, 8). Во-вторых, ниже атмосферы – вещество в твердом состоянии, значительное или преобладающее по массе, состоящее из горных пород и, по-видимому, жидких скоплений (океаны). Это так называемая кора планеты, для Земли – «земная кора». Мне кажется, Джеффрис [38] первый указал на такое строение всех планет. В-третьих, оболочка, в которой твердое, жидкое и газообразное состояние химических тел как таковое не проявляется, и вещество третьей оболочки, под большим давлением верхних слоев, находится в особом состоянии, которое только начинает охватываться нашим экспериментом и которое удобно назвать глубинно-планетным состоянием материи.

Молекулы в нем могут существовать, но кристаллические решетки могут быть и неустойчивы. К сожалению, опыт не достаточно охватил состояние химических соединений при соответствующем глубинам планет давлении. Это одна из очередных задач физики.

3. Земля с ближайшими к ней планетами Венерой и Марсом выделяются астрономами как *земные планеты* [39]¹. Остальные планеты, т.е. Юпитер, Уран, Нептун и Сатурн, называют большими или *гигантскими планетами*, так как между их размерами и химическим характером и размерами и химическим характером земных планет существует большой разрыв (табл. 3).

4. Все планеты индивидуально различны. Для земных планет – Венеры, Земли и Марса – достоверными могут считаться следующие эмпирические факты [40]. Венеру иногда называют двойником Земли, так как обе планеты близки по плотности и по размерам (см. табл. 3). Орбита Венеры при движении ее вокруг Солнца приближается к орбите Земли. И только Луна и, случайно, комета или астероид могут приближаться к Земле ближе, чем Венера. Самое близкое ее расстояние от Земли 41,6 млн км.

Сутки Венеры точно не определены до сих пор, но, по-видимому, равны нашим нескольким неделям. Так как год Венеры равняется 225 наших дней, то в ее году только несколько суток.

Можно считать весьма вероятным, если не больше, что на Венере есть жизнь, есть живое вещество. Сейчас еще не окончательно решена задача, поставленная шведским ученым Аррениусом (в 1915 г.), о том, что термофильные бактерии, которые сейчас чрезвычайно распространены в арктических местностях нашей Земли и которые там не могут развиваться, приходят на Землю с Венеры [41]. Эта работа поставлена в Лаборатории микробиологии Академии наук проф. Б.Л. Исаченко по инициативе Биогеохимической лаборатории Академии наук.

Излучения Венеры, которые могут служить переносчиками, по Аррениусу, достигают Земли в 8 мин, и следует поставить опыты, чтобы убедиться, что споры этих бактерий могут, не разрушаясь ультрафиолетовыми излучениями, выдержать этот перенос, что теоретически более чем вероятно. Но, больше того, атмосфера Венеры богата угольной кислотой, основным биогенным продуктом, в конце концов, на нашей планете (Адамс и Денхем).

Температура ее лежит в пределах 50–60 °С. Она не имеет проявлений свободного кислорода.

¹ Меркурий и Плутон – малоизученные – оставляются нами в стороне.

Атмосфера Венеры богата тучами, и астрономы считают более чем вероятным, что они состоят из капель воды [42]. Возможно, что угольная кислота является преобладающей в ее атмосфере.

Выше этих туч может находиться разреженный кислород, как это свойственно верхним слоям разреженной атмосферы Земли, но наша методика сейчас недостаточно чувствительна, для того чтобы его открыть.

Учитывая все вышесказанное, мы можем сказать, что существование микробной жизни на Венере более чем вероятно и окончательное решение этого вопроса есть возможная и очередная задача дня.

Для Марса существование на нем проявлений жизни во мне не возбуждает сомнений. Я оставляю в стороне представления Скиапарелли в Лоуэлла о существовании на нем организма, аналогичного человеку. Эти представления выходят за пределы точного знания и относятся к области космогонических представлений, основанных на том, что Марс будто бы более древняя планета, чем Земля. Все эти представления могут быть нами спокойно оставлены без рассмотрения, так как не основаны ни на эмпирических фактах, ни на эмпирических обобщениях. Но едва ли можно сомневаться в существовании растительной жизни, связанной с сезонной окраской. Атмосфера Марса включает воду, правда в небольшом количестве, и, соответственно с этим, мы видим у полюсов ее скопления в связи с зимними сезонами. Приполярные места белые, когда на Марсе зима, и буроватые, когда на нем лето. Эти сезонные явления были впервые открыты В. Гершелем и связаны с положением полюсов по отношению к Солнцу [43].

Существование атмосферы на Марсе не возбуждает сомнений. Оно было ярко доказано В. Райтом (1924–1926 гг.) путем сравнительного изучения снимков далеких земных ландшафтов и ландшафтов Марса в инфракрасном и ультрафиолетовом свете [44].

Эти же опыты показали, что атмосфера Марса довольно мощная (учитывая его гравитационную силу, меньшую, чем для Земли). Облака воды на Марсе доходят до 19,2 км. Попытки открытия свободного кислорода указывают, что количество его, если он есть, ничтожно. Мы можем заключить из всего вышесказанного, что на Марсе может быть растительная, по-видимому, бесхлорофилльная, жизнь. Углекислота на Марсе не была найдена.

Земные планеты вращаются вокруг Солнца с гораздо большей скоростью, чем большие планеты. Земля вращается со скоростью 28,8 км/с, а Нептун – 4,8 км/с.

Они пространственно и физически отделяются от более далеких от Солнца больших планет *поясом астероидов*, что едва ли является случайным. Астероиды, число которых достигает больше полутора тысяч (и постоянно открываются новые), едва ли могут считаться планетами, так как по своей форме они не все являются телами вращения. Астероиды расположены в пространстве между Марсом и Юпитером, на месте предполагавшейся планеты. Они были открыты не случайно. В начале XIX в. в эмпирической формуле Тициуса [45], иногда неправильно приписываемой Боде, было выведено расстояние всех планет от Солнца, принимая положение всех известных тогда планет (не были известны Нептун и Плутон), и было указано, что на месте, где теперь находятся астероиды, тогда неизвестные, должна находиться планета. Стали искать и вместо планеты нашли пояс астероидов, число которых все увеличивается с каждым годом. Размеры астероидов колеблются: от ве-

личины малых спутников планет до космической пыли. По-видимому, есть связь их с метеоритами, так как количественно и качественно отражательная способность их близка к метеоритам [46]. Для метеоритов, как мы видели (см. § 2), вероятнее всего их галактическое происхождение.

Среди астероидов мы можем различить по их орбитам *два типа*. Одни связаны с Юпитером и могут быть выделены как измененные в своем движении массой этой большой планеты от остальных астероидов. Масса этой большой планеты в 317,1 раза превышает массу Земли.

Можно пока держаться рабочей научной гипотезы, что астероиды являются телами, захваченными Солнцем и Юпитером. Если эта гипотеза верна, надо было бы ожидать в этом поясе сгущения космической пыли. Это, по-видимому, и наблюдается. Диаметры трех самых больших астероидов: Цереры – 768 км, Весты – 385 км, Юноны – 193 км. Общая их масса равна около $\frac{1}{900}$ массы Земли. В связи с таким характером астероидов существует научная рабочая гипотеза, имеющая прочное эмпирическое обоснование, что идет изменение Солнечной системы в ходе геологического времени, подобно тому как изменяется наша планета.

Ибо, если эта гипотеза верна, то пояс астероидов постоянно растет и мы здесь встречаемся в Солнечной системе не с явлениями, определяемыми только небесной механикой, но с явлениями исторического характера, изменяющими ее устойчивое равновесие, т.е. с тем явлением, которое мы наблюдаем в истории нашей планеты, т.е. в геологии, – ее изменения во времени, как, например, распределение материков и океанов (см. ч. II. § 165–166). Солнечная система не подчиняется целиком только законам небесной механики, но более сложным законам. Мы наблюдаем, как мы увидим (см. § 89), те же явления, например, в отходе Луны от Земли (Гансен) в течение геологического времени. Сейчас мы точно наблюдаем это последнее явление уже в течение больше столетия.

Основное явление в истории астероидов заключается в захвате их из тел Галаксии Солнцем и Юпитером и в превращении их в тела Солнечного пространства. То же самое мы наблюдаем и по отношению к кометам, теснейшим образом, по-видимому, связанным с метеоритами, в которых на первое место выступают пыль и газы. Это, вероятно, связано с метеоритами определенного химического состава. Масса их, связанная с Солнечной системой, по сравнению с массой Солнечной системы невелика. Подобно большинству метеоритов они, проходя через Солнечную систему, ею не захватываются и проходят небесное пространство, оставляя газообразную и твердую космическую пыль.

Средний радиус *больших планет* колеблется от 3,89– Нептун – до 11,26 Юпитер (принимая средний радиус Земли за единицу). Любопытно, что близость размеров, указанная для Венеры и Земли, повторяется для Урана и Нептуна. Уран имеет радиус 4,19, а Нептун – 3,89.

Открытия последнего времени коренным образом изменили наши представления о гигантских планетах – Юпитере, Сатурне, Уране и Нептуне. Для Юпитера были открыты своеобразные спектры поглощения еще в XIX в. Хиггинсом [47], при первом приложении спектроскопа к изучению небесных светил.

Доктор Слайфер в обсерватории Флагстафф в Аризоне изучил эти спектры далеко в инфракрасной части [48] и открыл целый ряд новых спектров. Но

только в 1932 г. немецкий ученый Р. Вильдт разобрался в них, исходя сперва из теоретических соображений, а затем проверив их опытным путем. Он доказал, что спектры поглощения этих планет, которые давно наблюдались, но представляли загадку, соответствуют для этих планет: для всех – метану, а для Юпитера и Сатурна сверх того – аммиаку.

Нельзя не отметить, что и здесь мы наблюдаем как раз такие газы, которые на нашей Земле *всегда биогенны*.

После Вильдта, пользуясь более мощной аппаратурой обсерватории горы Вильсон в Америке, доктор Денхем показал, что количество аммиака в атмосфере Юпитера равняется слою в 10 м чистого аммиака.

Строение этих планет, давление газов на которых колоссально, недоступно нашему эксперименту. Под влиянием этого давления при низкой температуре горные породы состоят в значительной мере из твердых газов, согласно рабочей научной гипотезе Джеффрейса. Это, конечно, первое схематическое приближение к реальности.

Давление газовой атмосферы Юпитера на твердые породы Юпитера, состоящие из льда метана и аммиака, в миллионы раз больше давления атмосферы Земли на земную кору [49].

Вильдт показал, что при этом давлении водород и гелий должны тоже превращаться в твердые тела. Удельный вес больших планет, отнесенный к воде при 760 мм давления и 4 °С, равен соответственно: для Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна – 1,34; 0,71; 1,27; 1,58. В общем это не противоречит представлению, что твердые метан и аммиак и их соединения играют большую роль, но, однако, только для Сатурна (удельный вес – 0,71, т.е. почти половина средней плотности Солнца, которое состоит из газообразного вещества) эти соединения могут господствовать. Очень интересно с этой точки зрения изучение твердых химических соединений аммония и метана; мне кажется, эта область химии еще совершенно не разработана. Атмосфера Юпитера дает нам явления, которые еще во многом не разобраны. Мощность газового слоя его атмосферы достигает немногих сотен километров. По-видимому, в них находятся жидкий и твердый водород и гелий (как у нас снег)¹ [50].

17. В геологических процессах, несомненно, очень большую роль играет Луна, единственный спутник нашей Земли – из всех небесных светил, кроме, может быть, Солнца, наиболее изученная. Средний радиус ее равняется 0,27 среднего радиуса Земли. Диаметр Луны – 3476 км, примерно – расстояние от Москвы до Томска. Поверхность Луны – 37 965 499 км². Территория СССР превышает половину всей поверхности Луны. Масса ее по сравнению с Землей равняется 0,0123. Скорость отлета (ускользания) 2,4 км/с (скорость отлета для Земли 11,36 км/с).

При этих условиях и при максимальной температуре, которая на Луне наблюдалась, +120 °С, пары воды не могут на ней удержаться, а угольная кислота сохраняется. Но признаков атмосферы на ней нет.

Оставляя в стороне космогонические представления и пытаясь держаться исключительно в области научных эмпирических фактов и таких же обобщений, два явления должны быть нами приняты во внимание.

¹ Надо иметь в виду, что газообразный водород на нашей планете частью биогенного, частью радиоактивного происхождения [51], а гелий выделяется при распаде радиоактивных элементов, жадно поглощаемых живым веществом.

Во-первых, тот факт, что Луна постепенно отходит в течение геологического времени от нашей планеты, к которой она обращена всегда одной и той же стороной, что, вероятно, бывало не всегда и что объясняется тем торможением, которое оказала наша планета на Луну.

Реальное геологическое значение имеет ее влияние на *приливы и отливы нашего Океана*, по-видимому, не безразличные и для газовой оболочки Земли. Приливы и отливы водной массы Земли, в которых лунный тормоз играет большую роль, чем такое же влияние Солнца, в их геологическом значении все еще далеко не учтены.

Во-вторых, несомненно, два миллиарда лет назад, в доступном нам криптозое, когда Луна была гораздо ближе к нам, чем теперь, что можно точно вычислить, длина суток, дни и ночи были совершенно иные, много короче, чем теперь, что *должно было отражаться на всех без исключения геологических процессах биосферы*. Это должно было сильно проявляться еще и в кембрии и, вероятно, играть огромную роль в эволюции живого вещества нашей планеты.

Под влиянием приливного лунного трения происходит замедление вращения Земли вокруг своей оси, т.е. изменение длины суток и удаление Луны от Земли. Существуют научные гипотезы, которые допускают, что отход Луны от Земли связан с тем, что Луна и Земля составляли прежде или одно и то же тело, или Земля являлась двойной планетой – «звездой». Последнее может быть связано с тем, что Земля отличается от всех планет указывает на важную особенность ее химического состава.

Если мы посмотрим на табл. 3, то увидим, что Луна по своей плотности (3,33) принадлежит к земным планетам, и если не принимать во внимание Меркурий, положение которого неясно и плотность 2,86¹, то плотность гигантских планет резко отделяет их от планет, связанных с Землей.

Характер пород Луны отвечает нашим вулканическим породам. К сожалению, вопрос о горных породах Луны, изучаемый в двух научных центрах – в Вашингтоне (в геофизической лаборатории Карнеги) и в Медоне (во Франции), недостаточно еще изучен. Это одна из задач, которая должна быть поставлена нашими советскими астрономами и геологами. Об этом мечтал покойный академик А.П. Павлов.

Породы Луны непрерывно разрушаются и быть, под влиянием бомбардировки метеоритами, метами, космической пылью и т.п.

Едва ли можно сомневаться, что по мере того как геологические процессы будут глубоко изучаться, их не земной только, но и планетный характер будет выявляться все с большей резкостью. Но и теперь связь Земли с Солнечной системой проявляется в геологии на каждом шагу. Мы знаем, что в Солнечной системе, в том числе и на нашей планете, непрерывно идет обмен, материальный и энергетический, со всем окружающим, и едва ли можно упускать из виду, что кометы и метеориты дали начало астероидам и кометам Солнечной системы (см. § 16), т.е. изменили ее состав.

В строении нашей планеты и всех других планет мы должны учитывать еще то, что связь наша с Солнцем гораздо более реальна, чем связь с Юпитером. Но едва ли можно отрицать значение и для нас астероидов, все растущих в количестве, т.е. в массе. Значение их, по-видимому, увеличилось в ходе геологического времени.

¹ Эта плотность приближает его к земным планетам.

Постоянные планет [39]

Планета	a	M	G	V	D	C/Ma^2
Луна	0,273	0,01226	0,1645	0,212	3,33	0,397
Меркурий	0,403	0,034	0,2093	0,290	2,86	–
Венера	0,989	0,820	0,8383	0,910	4,86	–
Земля	1,000	1,000	1,0000	1,000	5,52	0,3345
Марс	0,538	310,081	0,3717	0,447	3,84	0,359
Юпитер	11,26	97,1	2,50	5,32	1,30	0,241
Сатурн	9,45	15,02	1,064	3,17	0,69	0,935
Уран	4,19	14,74	0,840	1,88	1,10	0,236
Нептун	3,89	17,27	1,141	2,12	1,62	0,241

Примечание. a – экв. радиус (за единицу принят радиус Земли 6378,388 км); M – масса в единицах массы Земли, равной $5,966 \cdot 10^{27}$ г; G – ускорение силы тяжести (единица 980,60 см/с²); V – скорость ускользания (единица 11,188 км/с); D – средняя плотность (единица 1 г/см³); C – момент инерции.

Роль Юпитера в их захвате становится все значительнее. Данные для Плутона не даются (см. табл. 3), так как они недостаточно еще установлены. Орбита его эксцентрична и пересекает орбиту Нептуна. Это вызвало предположение, что он был прежде вторым спутником Нептуна (Литтлтон). В таком случае по аналогии с Меркурием масса его должна была бы быть намного меньше массы Нептуна.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Вернадский В.* (Ред.) Метеоритика. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941. Вып. I. С. 4–7; *Он же.* // Пробл. Арктики. 1941. № 5. С. 55–64.

2. *Hess V.* Die Ionisierungsbilanz der Atmosphäre Gerland's Beitr // Z. Geophysik. 1933. Bd. 2. S. 95–152; *Hess V., Steinmaurer R.* Solar Activity and Cosmic Rays // Nature. 1933. Vol. 132. P. 601–602.

3. *Baade W., Zwicky F.* // Proc. Nat. Acad. Sci. US. 1934. Vol. 20. P. 250–263; *Phys. Rev.* 1934. Vol. 46. P. 76.

4. *Science News Lett.* 1942. Nov. 21. P. 323; *Whipple L.* // *Sci. Month.* 1943. Jan. P. 91.

5. *Rossi B., Greisen K.* // *Rev. Mod. Phys.* 1941. Vol. 13, N 4. P. 240.

6. *Вернадский В.* Парагенезис химических элементов в земной коре // Дневник X Съезда русских естествоиспытателей и врачей (1909–1910). М., 1910. С. 73–91; Очерки и речи. 1922. Т. 1. С. 60–90; *La Geochemie.* Paris, 1924. P. 355; Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 48 и сл.; О рассеянии химических элементов // Отчет о деятельности Академии наук за 1926 г. Л., 1927. С. 1–15 (и отдельная книжка); *Rev. gén. sci.* 1927. Vol. 38, N 12. P. 366–372.

7. Все свои работы Гершель помещал в «Philos. Trans». Полное собрание издано в 1912 г.: *Scientific Papers of Sir F. W. Herschel.* L., 1912.

8. Каролина Гершель (С. Herschel) не только вела и записывала наблюдения, но и производила вычисления. Ею составлены: 1) *A catalogue of 561 stars*; 2) *A general Index of reference to every observation of star inserted in the British Catalogue (1798)*. Биография К. Гершель написана ее племянником John Herschel (сыном Вильяма Гершеля), который был также крупным астрономом: *Memoires and correspondence of Caroline Herschel.* L., 1876.

9. См., например: *Стремген Э., Стремген Б.* Астрономия. М.: ОГИЗ, 1941 (пер с нем.: *Lehrbuch der Astronomie von Dr. Elis Stromgen und Dr. Bengt Stromgen.* B. 1933).

10. *Study E.* // Arch. Math, und Phys. 1914. Bd. 21; Вернадский В. Проблемы биогеохимии. IV. О правизне и левизне. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 15 с.
11. *Einstein A.* // Ann. Phys. 1905. Bd. 17. S. 891–921; Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie. Leipzig, 1916.
12. *Schwiner R.* Lehrbuch der physikalischen Geologie. 1936. S. 11.
13. *Searses, Joyner* // Astrophys. J. 1928. Vol. 67.
14. *Фесенков В.Г.* // Докл. АН СССР. 1940. Т. 29, № 4. С. 292.
15. *Schwiner R.* Op. cit. P. 11.
16. Предисловие Д.И. Менделеева к книге Мона “Метеорология”. СПб., 1876. С. 10, 16.
17. См.: Science News Lett. 1941. Nov. 1. P. 283.
18. О NaH в космическом пространстве см.: *Pankhurst B., Pearce R.* // Nature. 1942. Vol. 149. P. 612.
19. *Stebbins J., Huffer C., Whitford A.* // Astrophys. J. 1941. Vol. 94. P. 215–225.
20. *Schwiner R.* Op. cit. S. 31.
21. Ibid. S. 32.
22. *Saha Megnad.* Über ein neues Schema für den Atomaufbau // Phys. Z. 1927. Bd. 28. S. 469–479.
23. Science News Lett. 1941. Nov. 1. P. 283.
24. Aitken. Leadl. 1941. N 148. Astron. Soc. of the Pacific.
25. *Фридман А.* Мир как пространство и время. 1923.
26. *Hubble E.* // Sci. Month. 1942. Apr.
27. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. IV. О правизне и левизне. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 15.
28. *Romé de Lisle.* L'action du feu central demontree nulle a la surface du globe. 2 éd. P., 1781 (1 éd., 1779).
29. *Fourrier Ch.* Mémoires sur les temperatures du globe terrestre et desespaces planetaires // Mem. Acad. 1827. N 7; Sur la chaleur rayonnante // Ann. chim. phys. 1817, N 4.
30. Вся «Theory of the Earth» (Т. 2, 1796) J. Huttona проникнута этой идеей. Ч. Ляйель (1797–1875) ссылается на них в первых изданиях своей книги “Principles of geology” (2nd ed. L., 1832. P. 72); *В.В. Белоусов* (Природа. 1938. № 7/8. С. 160) указывает: «В последней части “Теории Земли” Геттон подводит итоги своему исследованию, давая результатам его чрезвычайно широко философское обобщение. В экономике природы мы не находим ни следов начала, ни признаков конца, – как формулировал Геттон свой основной вывод». По-английски это выражено так: “We find no vestige of a beginning – no prospect of and end”.
31. *Stebbins J., Huffer C., Whitford A.* Op. cit.
32. *Chapman S.* // Nature. 1941. Vol. 147. P. 793.
33. *Bethe H., Blanch G., Lawson A.* The internal Phys. Rev. 1940. Vol. 59.
34. *Chapman S.* // J. Inst. Electr. Engr. 1941. Nov. 88. N 11, pt 1.
35. Энергия Солнца на поверхности Земли $170 \cdot 10^{12}$ кВт (Швиннер?).
36. *Флемминг И.* (Институт Карнеги) см.: Science New Lett. 1942. P. 183.
37. *Вернадский В.* // Пробл. Арктики. 1941. № 5. С. 55–64.
38. *Jeffreys H.* The Earth. 2nd ed. Cambridge. 1929.
39. *Wildt R.* // Proc. Amer. Philos. Soc. 1939. Vol. 81, N 2. Перевод: Астроном. журн. 1940. Т. 17, вып. 5. С. 81.
40. *Spencer H.J.* Life on other Worlds. N.Y.. 1940. P. 177f.
41. *Егорова А.* // Докл. АН СССР. 1938. Т. 19. № 8. С. 647. *Arrhenius S.* // Z. anorgan. Chem., 1915.
42. *Spencer H.J.* Op. cit. P. 193.
43. Ibid. P. 205.
44. Ibid. P. 229; *Wright W.* Photographs of Mars made w. light of differ colors // Publ. Astron. Soc. Pacific. 192. Vol. 36.
45. О Тициусе см.: *Wolf.* Handbuch der Astronomic Z., 1983. II. S. 454.
46. *Кринов Е.Л.* // Докл. АН СССР, 1938. Т. 20. С. 269.
47. *Huggins* см.: *Spencer H.J.* Op. cit. P. 160.
48. *Spencer H.J.* Op. cit. P. 160; *Slipher E.* The surfax of Mars // Telescope. 1949. Sept.–Oct.
49. *Wildt R.* Op. cit.
50. *Spencer H.J.* Op. cit. P. 158.
51. *Лебедев А.Ф.* Исследование хемосинтеза у Hydrogenes. Одесса, 1910.

ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПЛАНЕТНЫХ СВОЙСТВ ЗЕМЛИ

Биосфера и земная кора – область твердого, жидкого и газообразного состояния вещества на Земле – как планетное явление. Глубинно-планетное состояние вещества недр Земли (§ 18). Геологическое значение космических сил. Тепловой максимум планеты вблизи ее поверхности, глубже гранитной оболочки, генетически связанной с биосферой (§ 19). Геологическое значение проникающих космических излучений (§ 20). Атомное рассеяние химических элементов – земной, экзотермический процесс (§ 21). Искусственное распадение химических элементов в связи с земным рассеянием элементов. Таблица 4 (§ 22, 23). Группа рассеянных элементов земной коры (§ 24). Водная оболочка земной коры и рассеяние химических элементов (§ 25). Разное проявление геофизики и геохимии в геологических процессах (§ 26). Отставание советской геологии от новых достижений мировой науки (§ 27–28). Новые эмпирические обобщения – критические периоды в биосфере и в земной коре (§ 29). Количественное определение геологического времени, предварительная таблица его. Таблица 5 (§ 30–32).

18. Только за последние годы геолог начинает для своих обобщений систематически считаться с эмпирическими фактами, добываемыми геофизикой и радиогеологией, и благодаря этому он впервые в своих научных выводах, для себя все более явно выходит за пределы биосферы [1], в которых до сих пор укладывалась почти вся его эмпирическая база, шла *de facto* вся его полевая работа.

Реально это геолог не учитывал, не делал из этого логических выводов, ибо он не сознавал и научно и сейчас не сознает, что текущая геологическая работа его идет только в *биосфере*, в резко обособленной области планеты особого строения в пределах одной планетной геологической оболочки (см. § 33). *Биосфера* – это область планеты, наиболее богатая, вероятно, максимальной действенной энергией, резко различного характера. В ней господствуют *проявления живого вещества и космические силы*.

В ней скопляется главная масса газов и жидкостей Земли (на значение газов давно указывал Зюсс), и в ней вследствие этого наименьшее сопротивление должны встречать и резче всего проявляться движения жидкого и твердого вещества планеты [2].

Нигде на нашей планете нет другой такой среды. До XX в. лишь в небольшой доле в *области земных явлений явно планетного характера* геолог сознательно считался с геологическими проявлениями, имеющими место *за пределами биосферы*. Это были такие общие черты строения планеты, как магнитные свойства Земли, средний удельный вес ее, некоторая часть землетрясений, может быть, некоторые вулканические извержения, рост температуры с углублением внутрь планеты, геологическая роль солнечных излучений. Он вводил этим путем в свой научный охват, с одной стороны, глубинные части планеты – к чему он стремился, а с другой стороны, он связывался с *космическими просторами* и их силами прежде всего в пределах Солнечной системы. Солнечная энергия в явлениях биосферы, даже геологических, явно играет огромную роль. Он это всегда сознавал, не мог это пропустить. Изучая биосферу, геолог в своих выводах выходит за ее пределы в *земную кору*, которую он ошибочно представлял себе столетиями как кору застывания некогда расплавленной нашей планеты – Земли и тщетно искал в течение нескольких поколений доказательства этого представления. Земная кора геологии в дейст-

вительности никакого отношения к застыванию планеты не имеет. В конце концов он убедился, что его земная кора есть область планеты, в которой резко различаются три привычных ему состояния материи: *твердое, жидкое, газообразное*, чего нет в глубинах планеты. И в этом смысле как итоги геологической столетней работы я буду в дальнейшем принимать *земную кору* геолога. Она захватывает в пределах нескольких десятков километров ряд геологических оболочек, которые когда-то были на поверхности Земли биосферами. Это – биосфера, стратисфера, метаморфическая (верхняя и нижняя) оболочка, гранитная оболочка. Происхождение их всех из биосферы становится нам ясным только теперь. Это – былые биосферы. Здесь мы видим реальное проявление вертикальных (радиальных) движений в течение геологического времени частей биосферы. Большая область геологии, ее тектоника, с этим связана. Говоря о земной коре, геолог имел в виду только эту ему вполне доступную область явлений, и в текущей геологической работе за ее пределы он не выходил (см. § 97).

На глубине 50–60 км и глубже от уровня геоида на континентах достигает такой мощности – исчисляется в тысячах мегабар, – что свойства материи на этих глубинах не дают нам возможности различать твердое, жидкое и газообразное состояние. Вместо них мы встречаемся здесь с *глубинно-планетным* состоянием вещества (см. § 8). К сожалению, состояния материи, когда давление достигает десятков тысяч мегабар, чрезвычайно мало изучены экспериментально и теоретически. Для более точного определения их физических свойств у нас сейчас не достает опытного материала. Хотя в довоенное время в Америке и во Франции шла экспериментальная работа в этой области, но она не дала нам еще ясной картины и не имела задачей выяснить физическое состояние химических соединений, подвергаемых давлению, *со всех сторон одинаковому*, какое мы имеем в глубинно-планетном веществе (см. § 63. 79).

19. Но геолог уже в биосфере сталкивается, чем глубже, тем ярче, с проявлением *космических сил* – с явлениями *радиоактивности* и проникающих космических излучений, *с атомной энергией* [3]. Роль и значение радиоактивной энергии заходит далеко за пределы биосферы. Она достигает максимума в земных глубинах, исчисляемых десятками или немногими сотнями километров вниз от уровня геоида [4]. По-видимому, максимум этой не больше 100 км и далеко не доходит до 1000 км от уровня геоида. Глубже начинается понижение температуры планеты. Наша Земля, взятая в целом, является *холодным инертным* в астрономическом смысле телом, как и *все другие планеты нашего Солнца*¹ (см. § 16). С углублением *влияния атомной радиоактивной энергии должно постепенно сходить на нет*, ибо количество радиоактивных атомов с углублением в планету в ее веществе быстро уменьшается. Космические же излучения едва ли далеко выходят за пределы коры выветривания. Это – эмпирический факт. Едва ли можно допустить, что он случайный. Вероятно, он связан с причиной явного распада некоторых немногих химических элементов. Может быть, это зависит от космических излучений в неизвестных нам условиях.

Чрезвычайно характерно, что *активная часть планеты* – область геологических изменений – *сосредоточена на поверхности планеты*. Главная

¹ В центре температура может достигать сотен градусов.

масса вещества планеты инертна и неподвижна в масштабе геологического времени. Мы имеем сейчас экспериментальные подтверждения этому: в плехроичных двориках или в основах радиоактивного определения времени, исходящих из рабочей гипотезы, что *атомы не меняют своего положения в горных породах* в течение миллиардов лет. Сейчас эта научная гипотеза подтвердилась, есть научный факт.

Я буду называть *космическими силами* такие проявления материальной среды и энергетических состояний в геологических процессах, которые, по нашим представлениям, связаны с движением материальных частиц на нашей планете, превышающим земное тяготение, т.е. скорость отлета или ускользания (escape). Оно связано со следующей формулой:

$$v = \frac{2gM}{a}.$$

В этой формуле v – скорость движения, о котором идет речь; g – постоянная земного тяготения; M – масса Земли; a – средний радиус геоида [5].

Скорость отлета для Земли равняется 11,3 км/с. Частицы тел, проникающих с такой или большей скоростью в поле земного тяготения, могут более или менее свободно уйти в космическое пространство. Частицы, падающие в поле земного тяготения, двигающиеся с меньшей скоростью, чем 11,3 км/с, не могут из него уйти. Среди космических сил в геологии основное значение имеют пока *радиоактивные процессы*, связанные, по нашим современным представлениям, с закономерным распадом атомных ядер некоторых немногих *радиоактивных элементов*. Явление это получило сейчас основное значение в геологии, так как *тепловые процессы*, связанные с этим распадом, достаточны для объяснения основного геологического, эмпирически точно установленного явления – роста температуры – действенной энергии планеты в пределах биосферы и ниже ее на некоторую глубину, в общем все же в пределах немногих сотен километров от уровня геоида.

Так как количество теплоты связано с горными породами и минералами, то распределение их в земных глубинах, как это известно каждому геологу, будет чрезвычайно разнообразным. Некоторое представление об этом дает каждая геологическая карта, каждый геологический разрез. Они дают нам понятие о поверхностных слоях планеты, общее же представление дает геологический разрез по геологическим оболочкам. Следует здесь же подчеркнуть, что радиоактивные элементы достигают максимума в поверхностной части планеты, в гранитной оболочке. Их количество быстро уменьшается в лежащих ниже более основных и тяжелых породах.

Вместо гипотетической остаточной теплоты некогда будто бы расплавленной планеты, молодой Земли, образовавшейся во время какой-то катастрофы, происшедшей будто бы с нашей звездой – с Солнцем, вскрылась перед нами колоссальная атомная действенная энергия *вещества верхней части нашей планеты*, непрерывно выделяемая с избытком, достаточным для объяснения всех грандиозных проявлений теплового режима планеты.

Наши представления о геологических процессах в связи с этим коренным образом перестраиваются. Радиоактивный распад – все указывает – не ограничивается теми радиоактивными атомами, для которых это точно установлено: *ураном, торием, калием, рубидием, самарием* [6]. Они в зоны веков,

непрерывно выделяя тепловую атомную энергию (излучение α , β , γ), сами исчезают и создают атомы *гелия, свинца, кальция, стронция* (см. § 91).

Но едва ли может быть сомнение, что это только наиболее известные проявления космического планетного процесса, охватить все последствия которого мы точно научно пока не можем.

20. Причина «самопроизвольного» радиоактивного распада именно этих элементов пока является совершенно загадочной. Не являются ли ею проникающие космические излучения, та наибольшая космическая сила, доходящая до Земли, которая вскрывается нам все больше и больше в своем ведущем значении. Эти лучи идут из областей Космоса, возможно, чуждых нашей Галактики (см. § 1). Они связаны с появлением новых звезд – Nova и Supernova – в спиральных туманностях. Допустимо, как это предполагал Милликен [7], что в областях их излучения идут самые грандиозные процессы, по нашим представлениям о Космосе, – *синтез химических элементов из энергии*.

Изолировать окружающее нас вещество и нас самих от их потока мы пока никаким путем не можем. Как бы то ни было, солнечная энергия, создающая жизнь на нашей планете, меркнет в своей силе перед так называемыми космическими проникающими излучениями. Мы увидим геологическое значение этих излучений и их роль в термическом режиме планеты.

Мы только подходим к этим основным геологическим явлениям. Не можем их охватить полностью, даже в основном. Мы должны с этим считаться, не забывать ни на минуту. Едва приподнимается завеса, закрывающая для нас научно охватываемую реальность нашей планеты.

Во всем дальнейшем изложении я учитываю необходимость этой логической обстановки нашего научного понимания окружающего. Все указывает, что радиоактивный распад химических элементов – превращение одного изотопа в другой – есть не частный случай, а общее свойство земного вещества. *Все химические элементы Земли находятся в радиоактивном распаде*. Это основной физико-химический процесс, лежащий в основе всех геологических явлений.

Химическое перерождение планеты явится в конце концов его следствием. Уже Содди [8] это предвидел, как только был научно выяснен генезис гелия. Он указал, что наша методика позволяет открывать явления радиоактивного распада, как только скорость движения материальных осколков (частиц, ядер, атомов и т.п.), при этом создающихся, превышает 15 000 км/с. Уже тогда, когда это было открыто, Ф. Содди был одним из тех немногих (другие, теперь уже покойные, – Э. Резерфорд и М. Склодовская-Кюри), которые поняли, в чем заключается тайна радиоактивности: в распаде атома.

Движения материальных излучений с *меньшей скоростью не улавливались* нашими приборами в конце XIX – начале XX вв.. не улавливаются и сейчас. Мы не можем, однако, научно отрицать их наличие, их неизбежность.

В этой области экспериментальная мысль пошла по другому пути и оставила без внимания эту основную проблему учения о радиоактивности. Нет сомнения, что такая остановка научной мысли временна. Мне кажется, в прерванной дикой войной работе проф. Свентославского в Варшаве и его учеников (Даробельской и др.) с микрокалориметром мы имеем дело с этого рола проявлениями реальности [9]. Разгром польской научной организации Гитлером временно остановил эти первостепенной важности искания. По-ви-

димому, для сурьмы этим путем можно считать радиоактивность доказанной. Эта работа должна быть и будет восстановлена.

21. Но есть другие процессы, которые независимо указывают, что *«распад атомного ядра»* должен иметь место для всех земных элементов или, говоря об этом осторожнее, должен проявляться для их огромного большинства.

Два явления, мне кажется, ставят это вне сомнения: во-первых, экспериментальная легкость распада атомного ядра всех химических элементов при бомбардировке их в электромагнитном поле большой интенсивности (в циклотронах) быстро движущимися материальными частицами (водородом, дейтерием, нейтронами, гелием, т.е. α -частицами). Во-вторых, проникновение в вещество нашей планеты космических лучей – их фотонов, электронов исключительной мощности, нейтронов, открытых в них в последнее время [10]. Следствием этого является широкое распространение радиоактивных изотопов, их α -, β - и γ -лучей. Среди этих излучений особое внимание геолога должно быть сейчас направлено на совсем упущенные им проникающие космические излучения [11], значение которых должно мощно проявляться именно в биосфере, в коре выветривания (см. § 51) и в сгущениях живого вещества в планктоне океана и водных бассейнов.

Я давно, 32 года назад, обратил внимание на отвечающее этому геохимическому явлению вездесущее проявление одной из форм организованности биосферы – на геологическое значение рассеянных химических элементов [12]. Мы знаем сейчас, что это рассеяние химических элементов в окружающей среде, раньше, в 1910 г., мною названное микрокосмической смесью [13], свойственно не только поверхности нашей планеты – веществу биосферы Земли, а в действительности есть космическое, не только земное их проявление, что видно на таком же характере вещества метеоритов и тектитов [14].

Очевидно из этого, что вызывающие рассеяние элементов материальные излучения должны наблюдаться не только на нашей планете. Это не только земные радиоактивные материальные и энергетические излучения, но и мощные космические процессы.

Геолог должен привыкнуть к мысли и делать из этого выводы, что то инертное неподвижное вещество, с которым он привык считаться в химических, физических и механических процессах, отсутствует в биосфере, где он работает, и в геологических явлениях, им изучаемых. Он всюду встречается с веществом активным, богатым действенной энергией, особенно сильно сказывающейся в экзотермических процессах, перестраивающих планету, геологически сказывающихся на каждом шагу.

Для рассеяния элементов, по крайней мере для главной их массы, характерно, что закономерности их распространения не могут быть объяснены химическими процессами. Логически следует, что атомы (изотопы) и атомное (изотопное) рассеяние не должны выявляться обычными для наших земных элементов изотопами; а в них в основном должны выявляться те изотопы разнообразного атомного веса, которые нами получаются в форме искусственных (неудачно называемых так) радиоактивных элементов. Они непрерывно создаются и переходят в новые изотопы других элементов всюду в веществе нашей планеты.

В каждый данный момент общая масса каждого из них – тел переходящих – очень велика, для каждого элемента должна исчисляться миллионами

тонн и больше. Очевидно, благодаря этому для каждого элемента на Земле это может быть проверено с помощью мощного масс-спектроскопа. Пока это не сделано. Это очередная проблема геохимии.

Для характеристики положения науки в нашей стране мы должны неустанно говорить и не забывать, что такого прибора в нашей стране до сих пор нет, как и многих других основных приборов современной науки. В наших условиях такой прибор строится в Биогеохимической лаборатории Академии наук, но, при отсутствии у нас специального центра для постройки научных приборов, строится уже третий год. Это упущение государственных организаций.

Мы не должны забывать, что образование каждого нового «искусственного» элемента (изотопа) связано с выделением огромной тепловой энергии. *Явление рассеянных элементов – большой земной экзотермический процесс – вносит в нашу планету таким образом, вероятно, большее количество тепла, чем «самопроизвольный» распад радиоактивных атомов.* А мы знаем, что этот последний один вполне достаточен для объяснения в первом приближении всех геологических проявлений, связанных с тепловой энергией нашей планеты (см. гл. IX, X). В космических лучах наблюдались ядерные реакции большей мощности, чем та, которая достигается в наших экспериментах.

Применение новой методики, выработанной в Радиовом институте в Ленинграде Л.В. Мысовским и его учениками, главным образом А.П. Ждановым [15], окончательно подтвердило существование нейтронов в космических лучах.

И все указывает, что мы находимся только в начале понимания огромного геологического значения проникающих космических лучей. Они проникают на сотни метров в океан и в природные воды, всюду создавая новые изотопы, на суше проникают в кору выветривания, где явление это не изучено, и всецело охватывают газовые оболочки планеты, создавая новые атомы в газовых частицах и пылинках пылевых атмосфер и каплях воды.

Недавно открыты в космических лучах Ждановым тяжелые частицы, названные им «баритронами» (их теперь часто называют «мезотронами»), функция которых нам пока неизвестна [16].

22. Учитывая такое состояние наших знаний, мы можем исходить из научной гипотезы, что в рассеянном состоянии могут встречаться все изотопы, которые до сих пор искусственно получены, не говоря уже о других, неизученных. Мы увидим (см. § 76), что только с помощью допущения нахождения нейтронов на нашей планете мы можем объяснить образование вулканических очагов и начинаем проникать в понимание вулканизма. В связи со всем вышесказанным геологу полезно иметь в виду *химическое перерождение атомов* указанным выше путем, происходящее во всем веществе планеты, ему доступном, и его тепловой эффект. А геохимик может и должен определить *атомный вес рассеянных химических элементов* с помощью мощных масс-спектрографов. Этот атомный вес *должен отличаться от обычного атомного веса обычных химических элементов* [17].

В табл. 4 [18] указаны изотопы, экспериментально получаемые в виде так называемых искусственных радиоактивных элементов, и их изотопный вес. поскольку это нам теперь известно. В этой таблице в скобках указано, каким путем они экспериментально получены и, следовательно, должны получаться в природных условиях при излучениях материальных и энергетических (жесткие γ -лучи).

Распад ядра атомов, экспериментально доказанный, и переход одного изотопа в другой, химически совершенно иной, неизбежно происходящий в биосфере под влиянием радиоактивного распада и проникающих космических лучей* [21]

Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения	Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения																
$\frac{2\text{He}}{4,002}$	${}^4\text{He}$	${}^2\text{H}(\alpha) {}^6\text{Li}(\alpha)$	${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{C}$	${}^{13}\text{C}(d) {}^{14}\text{N}(n) {}^{12}\text{C}(d) {}^{11}\text{B}(\alpha)$																
		${}^7\text{Li}(d) {}^9\text{Be}(\alpha) {}^{11}\text{B}(d)$			${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{11}\text{B}(\alpha) {}^{17}\text{O}(p) {}^{13}\text{C}(p) {}^{16}\text{O}(d)$														
		${}^{10}\text{B}(d) {}^{19}\text{F}(n) \text{Mg}(d)$					${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{10}\text{B}(\alpha) {}^{16}\text{O}(p) {}^{12}\text{C}(p)$												
		$\text{Al}(n) \text{Mg}(d) \text{P}(n) \text{S}(d)$							${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}(\gamma) {}^{11}\text{B}(\alpha)$										
		$\text{Cl}(n) \text{K}(n) \text{Ca}(d) \text{Sc}(n)$									${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{18}\text{O}(p) {}^{17}\text{O}(\alpha) {}^{14}\text{N}(d)$								
		$\text{Ti}(n) \text{Mn}(n) \text{Fe}(d) \text{Co}(n)$											${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{18}\text{O}(d) {}^{15}\text{N}(d) {}^{19}\text{F}(n)$						
		$\text{Cu}(d) \text{Zn}(n) \text{Zn}(d) \text{Ca}(n)$													${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}(d) {}^{16}\text{O}(n)$				
		$\text{Ru}(d) \text{Sb}(d) \text{Ba}(n)$															${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{13}\text{C}(\alpha) {}^{19}\text{F}(p) {}^{15}\text{N}(p)$		
		$\text{Nd}(n) \text{Pt}(d) \text{Au}(d) \text{Th}(n)$																	${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{12}\text{C}(\alpha) {}^{14}\text{N}(p) {}^{16}\text{O}(\gamma)$
		$\text{U}(n)$																			${}^{14}\text{N}$
${}^3\text{He}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{21}\text{Ne}(n) {}^{15}\text{N}(\alpha)$																		
${}^5\text{He}$			${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{19}\text{F}(n)$																
${}^6\text{He}$					${}^{14}\text{N}$	${}^{14}\text{N}$	${}^{16}\text{O}(\alpha) {}^{18}\text{O}(p) {}^{21}\text{Ne}(d)$														
$\frac{3\text{Li}}{6,940}$							${}^7\text{Li}$	${}^6\text{Li}(d) {}^9\text{Be}(d) {}^4\text{He}(\alpha)$	${}^{19}\text{F}$	${}^{19}\text{F}$											
								${}^7\text{Li}(\gamma)$			${}^{19}\text{F}$	${}^{19}\text{F}$									
								${}^8\text{Li}$					${}^{19}\text{F}$	${}^{19}\text{F}$							
								${}^7\text{Li}$							${}^{19}\text{F}$	${}^{19}\text{F}$					
$\frac{4\text{Be}}{9,02}$							${}^9\text{Be}$	${}^7\text{Li}(\alpha) {}^6\text{Li}(\alpha) {}^{11}\text{Be}(d) {}^{12}\text{C}(n)$	${}^{20}\text{Ne}$	${}^{20}\text{Ne}$							${}^{19}\text{F}(\alpha) {}^{23}\text{Na}(p) {}^{21}\text{Ne}(\gamma)$				
								${}^8\text{Be}$			${}^{20}\text{Ne}$	${}^{20}\text{Ne}$					${}^{18}\text{O}(\alpha) {}^{23}\text{Na}(d) {}^{20}\text{Ne}(d) {}^{24}\text{Mg}(n)$				
								${}^{10}\text{Be}$					${}^{20}\text{Ne}$	${}^{20}\text{Ne}$			${}^{22}\text{Ne}(\gamma)$				
	${}^{11}\text{Be}$	${}^{20}\text{Ne}$						${}^{20}\text{Ne}$							${}^{19}\text{F}(\alpha) {}^{21}\text{Ne}(d) {}^{25}\text{Mg}(n)$						
$\frac{5\text{B}}{10,82}$	${}^{11}\text{B}$		${}^{13}\text{C}(d) {}^{14}\text{N}(n)$	${}^{23}\text{Na}$			${}^{23}\text{Na}$		${}^{26}\text{Mg}(n) {}^{23}\text{Na}(n)$												
			${}^{10}\text{B}$		${}^{23}\text{Na}$	${}^{23}\text{Na}$			${}^{20}\text{Ne}(\alpha) {}^{22}\text{Ne}(p) {}^{25}\text{Mg}(p)$												
			${}^9\text{B}$						${}^{23}\text{Na}$	${}^{23}\text{Na}$	${}^{21}\text{Ne}(p) {}^{24}\text{Mg}(d) {}^{23}\text{Na}(\gamma)$										
		${}^{12}\text{B}$	${}^{23}\text{Na}$					${}^{23}\text{Na}$			${}^{19}\text{F}(\alpha)$										
$\frac{6\text{C}}{12,00}$	${}^{12}\text{C}$	${}^9\text{Be}(\alpha) {}^{15}\text{N}(p) {}^{11}\text{B}(p) {}^{14}\text{N}(d)$		${}^{24}\text{Na}$			${}^{24}\text{Na}$				${}^{26}\text{Mg}(d) {}^{23}\text{Na}(d) {}^{27}\text{Al}(n)$										
		${}^{11}\text{C}$			${}^{24}\text{Na}$	${}^{24}\text{Na}$					${}^{19}\text{F}(\alpha)$										
		${}^{13}\text{C}$							${}^{24}\text{Na}$	${}^{24}\text{Na}$	${}^{24}\text{Mg}(n) {}^{21}\text{Ne}(\alpha)$										

* Подчеркнуты одной чертой элементы, служившие для опытов, в отличие от изотопов.

** *Wilson R. Proc. Roy. Soc. A. 1941. Vol. 177. P. 382.*

*** *Krishnan R. Nature. 1941. Vol. 148. P. 407–408.*

Таблица 4 (продолжение)

Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения	Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения		
$\frac{12 \text{ Mg}}{24,32}$	^{24}Mg	$^{20}\text{Ne}(\alpha) \ ^{27}\text{Al}(p) \ ^{23}\text{Na}(p)$	$\frac{18 \text{ Ar}}{39,94}$	^{37}Cl	$^{34}\text{S}(\alpha)$		
		$^{25}\text{Mg}(\gamma)$		^{38}Cl	$^{37}\text{Cl}(d) \ ^{35}\text{Cl}(d) \ ^{39}\text{K}(n)$		
	^{21}Mg	$^{23}\text{Na}(d)$		^{40}Ar	$^{37}\text{Cl}(p)$		
	^{25}Mg	$^{27}\text{Al}(d) \ ^{24}\text{Mg}(d) \ ^{28}\text{Si}(n)$			$^{35}\text{Cl}(\alpha) \ ^{37}\text{Cl}(p)$		
		$^{26}\text{Mg}(\gamma)$		$^{25}\text{Mg}(d) \ ^{29}\text{Si}(n) \ ^{23}\text{Na}(\alpha)$	^{39}Ar	$^{39}\text{K}(n)$	
	^{26}Mg	$^{26}\text{Mg}(d) \ ^{30}\text{Si}(n) \ ^{27}\text{Al}(n)$		^{41}Ar	$^{40}\text{Ar}(d) \ ^{39}\text{K}(n)$		
	^{27}Mg	$^{24}\text{Mg}(d)$					
$\frac{13 \text{ Al}}{26,97}$	^{27}Al	$^{24}\text{Mg}(\alpha) \ ^{30}\text{Si}(p) \ ^{29}\text{Si}(d)$	$\frac{19 \text{ K}}{39,016}$	^{38}K	$^{35}\text{Cl}(\alpha) \ ^{40}\text{Ca}(d) \ ^{39}\text{K}(n)$		
		$^{26}\text{Mg}(d)$		^{42}K	$^{41}\text{K}(n) \ ^{39}\text{K}(d) \ ^{40}\text{Ca}(n)$		
	^{26}Al	$^{28}\text{Si}(d) \ ^{25}\text{Mg}(d) \ ^{27}\text{Al}(\gamma)$	$\frac{20 \text{ Ca}}{40,08}$	^{40}Ca	$^{45}\text{Sc}(n)$		
	^{28}Al	$^{25}\text{Mg}(\alpha) \ \text{Si}(d) \ ^{27}\text{Al}(d)$				^{39}Ca	$^{40}\text{Ca}(n)$
		$^{31}\text{P}(n) \ ^{26}\text{Si}(n) \ ^{24}\text{Mg}$				^{42}Ca	$^{39}\text{K}(n)$
^{29}Al	$^{26}\text{Mg}(\alpha) \ ^{24}\text{Mg}(\alpha)$	^{43}Ca	$^{40}\text{Ar}(\alpha)$				
$\frac{14 \text{ Si}}{28,06}$	^{28}Si	$^{31}\text{P}(p) \ ^{27}\text{Al}(d) \ ^{29}\text{Si}(\gamma)$	$\frac{21 \text{ Sc}}{45,10}$	^{45}Ca	$^{40}\text{Ca}(n) \ ^{48}\text{Ti}(n)$		
		$^{25}\text{Mg}(\alpha)$		^{45}Sc	$^{48}\text{Ti}(n) \ ^{51}\text{V}(n)$		
	^{27}Si	$^{24}\text{Mg}(\alpha) \ ^{28}\text{Si}(\gamma)$		^{43}Sc	$^{40}\text{Ca}(d) \ ^{45}\text{Sc}(n)$		
	^{29}Si	$^{31}\text{P}(d) \ ^{28}\text{Si}(d) \ ^{32}\text{Si}(n)$		^{41}Sc	$^{40}\text{Ca}(d)$		
		$^{30}\text{Si}(\gamma) \ ^{26}\text{Mg}(a)$		^{42}Sc	$^{39}\text{K}(\alpha)$		
	^{30}Si	$^{27}\text{Al}(\alpha)$		^{44}Sc	$^{40}\text{Ca}(d) \ ^{39}\text{K}(\alpha) \ ^{45}\text{Sc}(n)$		
^{31}Si	$^{31}\text{P}(n) \ ^{28}\text{Si}(d, n)$	^{46}Sc	$^{45}\text{Sc}(n)$				
$\frac{15 \text{ P}}{31,02}$	^{31}P	$^{28}\text{Si}(\alpha) \ ^{34}\text{S}(p) \ ^{30}\text{Si}(d)$	$\frac{23 \text{ V}}{50,95}$	^{51}V	$^{48}\text{Ti}(\alpha)$		
		$^{29}\text{Si}(p) \ ^{32}\text{S}(d) \ ^{31}\text{P}(\gamma)$		^{49}V	$^{48}\text{Ti}(n)$		
	$^{27}\text{Al}(\alpha) \ ^{28}\text{Si}(p)$	^{50}V		$^{48}\text{Ti}(\alpha)$			
	^{32}P	$^{29}\text{S}(\alpha) \ ^{34}\text{S}(d) \ ^{31}\text{P}(d)$		^{52}V	$^{55}\text{Mn}(n) \ ^{51}\text{V}(n) \ ^{52}\text{Cr}(n)$		
		$^{32}\text{S}(n) \ ^{35}\text{Cl}(n)$					
$\frac{16 \text{ S}}{32,06}$	^{32}S	$^{29}\text{Si}(\alpha) \ ^{35}\text{Cl}(p) \ ^{31}\text{P}(p)$	$\frac{25 \text{ Mn}}{54,93}$	^{52}Mn	$^{56}\text{Fe}(\alpha)$		
		$^{29}\text{Si}(d)$		^{53}Mn	$^{52}\text{Cr}(p)$		
	^{31}S	$^{32}\text{S}(n)$		^{54}Mn	$^{56}\text{Fe}(d)$		
	^{34}S	$^{31}\text{P}(\alpha)$		^{56}Mn	$^{56}\text{Fe}(n) \ ^{52}\text{Cr}(\alpha) \ ^{59}\text{Co}(n)$		
	^{35}S	$^{35}\text{Cl}(n)$			$^{55}\text{Mn}(d) \ ^{53}\text{Cr}(\alpha)$		
$\frac{17 \text{ Cl}}{35,457}$	^{35}Cl	$^{32}\text{S}(\alpha) \ ^{34}\text{S}(p) \ ^{38}\text{Ar}(p)$	$\frac{26 \text{ Fe}}{55,84}$	^{53}Fe	$^{52}\text{Cr}(\alpha)$		
		$^{31}\text{P}(\alpha) \ ^{32}\text{S}(d) \ ^{35}\text{Cl}(n)$		^{55}Fe	$^{55}\text{Mn}(p)$		
				^{59}Fe	$^{59}\text{Co}(n) \ ^{56}\text{Fe}(d)$		

Таблица 4 (продолжение)

Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения	Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения
$\frac{27}{58,94}\text{Co}$	^{59}Co ^{55}Co ^{58}Co	$^{56}\text{Fe}(d)$ $^{56}\text{Fe}(d)$ $^{59}\text{Ni}(n)$ $^{59}\text{Co}(n)$	$\frac{37}{87,45}\text{Rb}$	Rb ^{85}Rb ^{87}Rb ^{88}Rb ^{89}Rb	$^{231}\text{Pa}(n)$ $^{238}\text{U}(n)$ $^{232}\text{Th}(n)$ $^{235}\text{U}(n)$
$\frac{28}{58,69}\text{Ni}$	^{59}Ni ^{57}Ni ^{63}Ni ^{65}Ni	$^{59}\text{Ni}(n)$ $^{59}\text{Ni}(n)$ $^{64}\text{Cu}(d)$ $^{64}\text{Cu}(d)$ $\text{Zn}(n)$	$\frac{38}{87,63}\text{Sr}$	$^{84,86}\text{Sr}$ $^{87,88}\text{Sr}$ ^{89}Sr	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{29}{63,57}\text{Cu}$	^{64}Cu ^{61}Cu ^{62}Cu ^{66}Su	$^{59}\text{Ni}(p)$ $\text{Cu}(n)$ $\text{Zn}(n)$ $^{59}\text{Ni}(p, \alpha, d)$ $\text{Cu}(n)$ $^{64}\text{Cu}(n, \gamma)$ $^{59}\text{Co}(\alpha)$ $^{65}\text{Zn}(n)$ $^{64}\text{Su}(n)$ $^{70}\text{Ca}(n)$	$\frac{39}{88,925}\text{Y}$	$^{89}\text{Y}^*$ Y	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{30}{65,38}\text{Zn}$	^{65}Zn ^{63}Zn ^{69}Zn	$^{65}\text{Zn}(d)$ $^{59}\text{Ni}(\alpha)$ $^{65}\text{Zn}(n)$ $^{59}\text{Ni}(\alpha)$ $^{65}\text{Zn}(d)$	$\frac{40}{91,22}\text{Zr}$	^{90}Zr Zr	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{31}{69,72}\text{Ga}$	^{70}Ga ^{66}Ga ^{68}Ga ^{72}Ga	$^{65}\text{Zn}(d, p)$ $^{70}\text{Ga}(n)$ $^{64}\text{Cu}(\alpha)$ $^{70}\text{Ga}(\gamma, n)$ $^{64}\text{Cu}(\alpha)$ $^{70}\text{Ga}(n)$ $\text{Zn}(d, p)$	$\frac{41}{92,91}\text{Nb}$	Nb	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{31}{69,72}\text{Ga}$	^{70}Ga ^{66}Ga ^{68}Ga ^{72}Ga	$^{65}\text{Zn}(d, p)$ $^{70}\text{Ga}(n)$ $^{64}\text{Cu}(\alpha)$ $^{70}\text{Ga}(\gamma, n)$ $^{64}\text{Cu}(\alpha)$ $^{70}\text{Ga}(n)$ $\text{Zn}(d, p)$	$\frac{42}{96,0}\text{Mo}$	Mo^*	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{34}{78,96}\text{Se}$	^{79}Se ^{83}Se	$^{75}\text{As}(n, d)$ $\text{Se}(n)$ $^{79}\text{Se}(d, n)$	$\frac{43}{(97,8)}\text{Ma}$	^{98}Ma	$^{96}\text{Mo}(p)$ $\text{Ru}(d)$
$\frac{34}{78,96}\text{Se}$	^{79}Se ^{83}Se	$^{75}\text{As}(n, d)$ $\text{Se}(n)$ $^{79}\text{Se}(d, n)$	$\frac{43}{(97,8)}\text{Ma}$	^{98}Ma	$^{96}\text{Mo}(p)$ $\text{Ru}(d)$
$\frac{34}{78,96}\text{Se}$	^{79}Se ^{83}Se	$^{75}\text{As}(n, d)$ $\text{Se}(n)$ $^{79}\text{Se}(d, n)$	$\frac{42}{96,0}\text{Mo}$	Mo^*	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{35}{79,916}\text{Br}$	^{80}Br ^{78}Br ^{82}Br ^{83}Br	$^{80}\text{Br}(n, d)$ $\text{Se}(p)$ $^{75}\text{As}(\alpha)$ $^{80}\text{Br}(\gamma, n)$ $^{80}\text{Br}(n, d)$ $^{79}\text{Se}(p)$ $^{235}\text{U}(n)^*$ $^{79}\text{Se}(d)$	$\frac{45}{102,9}\text{Rh}$	^{102}Rh ^{114}Rh ^{165}Rh	$^{103}\text{Rh}(n)$ $^{102}\text{Ru}(n)$
$\frac{35}{79,916}\text{Br}$	^{80}Br ^{78}Br ^{82}Br ^{83}Br	$^{80}\text{Br}(n, d)$ $\text{Se}(p)$ $^{75}\text{As}(\alpha)$ $^{80}\text{Br}(\gamma, n)$ $^{80}\text{Br}(n, d)$ $^{79}\text{Se}(p)$ $^{235}\text{U}(n)^*$ $^{79}\text{Se}(d)$	$\frac{45}{102,9}\text{Rh}$	^{102}Rh ^{114}Rh ^{165}Rh	$^{103}\text{Rh}(n)$ $^{102}\text{Ru}(n)$
$\frac{35}{79,916}\text{Br}$	^{80}Br ^{78}Br ^{82}Br ^{83}Br	$^{80}\text{Br}(n, d)$ $\text{Se}(p)$ $^{75}\text{As}(\alpha)$ $^{80}\text{Br}(\gamma, n)$ $^{80}\text{Br}(n, d)$ $^{79}\text{Se}(p)$ $^{235}\text{U}(n)^*$ $^{79}\text{Se}(d)$	$\frac{47}{107,880}\text{Ag}$	^{108}Ag ^{106}Ag ^{110}Ag	$^{108}\text{Ag}(n, \gamma)$ $^{104}\text{Pd}(n, d)$ $^{108}\text{Ag}(n, \gamma)$ $^{108}\text{Ag}(n)$
$\frac{36}{83,7}\text{Kr}$	^{82}Kr ^{83}Kr ^{84}Kr ^{86}Kr ^{88}Kr ^{89}Kr	$^{235}\text{U}(n)$	$\frac{49}{114,8}\text{In}$	^{115}In ^{111}In ^{112}In ^{114}In ^{116}In ^{117}In	$\text{In}(n)$ $^{115}\text{In}(n)$ $^{115}\text{In}(n, \gamma)$ $^{112}\text{Cd}(p)$ $^{115}\text{In}(n)$ $^{112}\text{Cd}(p)$ $^{119}\text{Sn}(n)$ $^{112}\text{Cd}(d, p)$

* Anderson, Fermi, Grosse.

Таблица 4 (окончание)

Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения	Номер элемента и атомный вес его	Полученный радиоактивный элемент	Исходный элемент и способ получения
$\frac{50 \text{ Sn}}{118,7}$	^{119}Sn ^{118}Sn ^{121}Sn ^{123}Sn	$^{115}\text{In}(p) \ ^{119}\text{Sn}(n, d)$ $^{119}\text{Sn}(d) \ ^{122}\text{Sb}(d)$ $^{119}\text{Sn}(n, d)$	$\frac{56 \text{ Ba}}{137,37}$	$^{130}\text{Ba}^*$ $^{132,134}\text{Ba}$ $^{135,136}\text{Ba}$ $^{137,138}\text{Ba}$ ^{139}Ba ^{140}Ba	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{51 \text{ Sb}}{121,77}$	^{122}Sb ^{124}Sb ^{120}Sb ^{127}Sb ^{133}Sb	$^{122}\text{Sb}(d, n) \ \text{Sn}(d)$ $\text{Sb}\left(\begin{smallmatrix} d \\ n \end{smallmatrix}\right)$ $^{235}\text{U}(n)$	$\frac{57 \text{ La}}{138,92}$	^{140}La	$^{235}\text{U}(n)$
$\frac{52 \text{ Te}}{127,5}$	^{127}Te ^{128}Te ^{130}Te ^{131}Te ^{133}Te ^{135}Te	$^{235}\text{U}(n)$	$\frac{58 \text{ Ce}}{140,13}$	^{140}Ce	$^{140}\text{Ce}(d) \ \text{Nd}(n)$
$\frac{53 \text{ J}}{126,92}$	^{127}J ^{131}J ^{133}J ^{135}J	$^{235}\text{U}(n)$	$\frac{59 \text{ Pr}}{140,92}$	^{141}Pr ^{140}Pr ^{142}Pr	$^{141}\text{Pr}(n)$ $^{141}\text{Pr}(n) \ ^{144}\text{Nd}(n)$
$\frac{54 \text{ Xe}}{131,3}$	^{128}Xe ^{129}Xe ^{130}Xe ^{131}Xe ^{132}Xe	$^{235}\text{U}(n)$	$\frac{64 \text{ Gd}}{157,3}$	^{157}Gd	$^{157}\text{Gd}(n) \ ^{144}\text{Nd}(n?)$
$\frac{55 \text{ Cs}}{132,81}$	Cs ^{133}Cs ^{135}Cs	$^{231}\text{Pa}(n)$ $^{238}\text{U}(n) \ ^{232}\text{Th}(n)$ $^{235}\text{U}(n)$	$\frac{77 \text{ Ir}}{193,1}$	^{193}Ir	$^{139}\text{Ir}(n) \ ^{195}\text{Pt}\left(\begin{smallmatrix} n \\ d \end{smallmatrix}\right)$ $^{197}\text{Au}(d)$
			$\frac{88 \text{ Ra}}{225,97}$	^{229}Ra	$^{232}\text{Th}(n)$
		$^{134}\text{Xe} \ ^{133}\text{Xe}$ $^{136}\text{Xe} \ ^{135}\text{Xe} \ ^{235}\text{U}(n)$ ^{139}Xe ^{140}Xe	$\frac{89 \text{ Ac}}{(227)}$	^{229}Ac	$^{229}\text{Ra}-\beta$
			$\frac{90 \text{ Th}}{232,12}$	^{233}Th	$^{232}\text{Th}(n) (?)$
			$\frac{91 \text{ Pa}}{231}$	^{235}Pa ^{233}Pa	$^{235}\text{Ph}-\beta$ $^{235}\text{Th}(n)$

* Anderson, Fermi, Grosse.

(a) – получается при действии α -лучей;
 (d) – » » » дейтронов;
 (p) – » » » протонов;
 (n) – » » » нейтронов;
 (γ) – » » » γ -лучей.

Мы знаем, что α -частицы выделяются при радиоактивных распадах. Дейтроны (двигающиеся с космической скоростью атомы дейтерия) должны вы-

ступать при его радиоактивных распадах, но распределение дейтерия на нашей планете не изучено. Можно ждать их большей концентрации в метаморфической оболочке [19].

Нейтроны, кроме действия космических лучей, должны проявляться в вулканических породах и в вулканических процессах, если подтвердятся наблюдения Горшкова (см. § 76). Эта проблема должна быть решена в первую очередь. Но, кроме того, жесткие γ -лучи обыкновенных радиоактивных элементов, например полония, дают нейтроны при встрече с атомами легких элементов, например Ве. Этот источник нейтронов открыт Ф. Жолио и И. Жолио-Кюри [20].

Протоны выделяются частично в сопровождении жестких γ -лучей, частично нейтронов. Жесткие γ -лучи, способные разлагать атомы легких элементов, например дейтерия и бериллия, могут проявляться при действии γ -лучей ThC или Po. Вся эта область явлений находится в *status nascendi*, и, таким образом, таблица является предварительной, но тем не менее имеющей реальное значение.

23. Обращаясь сейчас к выводам из этой таблицы, мы должны иметь в виду, что сейчас мы находимся в начале нашей работы и имеем в сущности дело со случайным материалом, явно не полным, так как задача охвата всех элементов систематически с этой точки зрения никогда не ставилась и не было научной гипотезы или эмпирического обобщения, которые бы ставили эту проблему в порядок дня.

Проводимое в этой книге представление о рассеянных атомах и о необходимости для их понимания выяснения всех изотопов, которые могут быть получены искусственно, ставит сейчас необходимость срочного выявления *всех изотопов, могущих получаться на нашей Земле природными процессами*. Неизбежно при этом мы исходим из скрытого представления, что все химические элементы могут дать искусственные изотопы и что если для некоторых это не указано, то только потому, что эта проблема мало изучена.

Число постоянных изотопов, наблюдающихся в природе в нормальных условиях и получающихся во время естественных радиоактивных распадов, доходит до нескольких сотен. Некоторые из них и искусственно воспроизведены.

В таблицу вошел 161 изотоп. Это число того же порядка, что известные нам природные изотопы, строящие обычные химические элементы, и изотопы, выявленные радиоактивным процессом тех немногих химических элементов, которые этим свойством обладают.

Уже сейчас ясно, что как только мы подойдем к систематическому исследованию, число их быстро увеличится в несколько раз. Мы находимся еще в *самом начале* изучения этого явления, и это должны принимать во внимание при всем дальнейшем изложении.

Весьма примечательно, что для некоторых химических элементов совсем пока не получены искусственные изотопы или не удалось определить их атомный вес. Совсем не получены хром, полоний. Для других 26 элементов, как то: водород¹, титан, германий, мышьяк, рутений, палладий, кадмий, самарий, европий, тербий, диспрозий, холмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций, гафний, тантал, вольфрам, рений, платина, золото, ртуть, талий, свинец, уран, – получены их же изотопы, частью новые, частью такие, атомный вес

¹ Протон некоторыми рассматривается и может рассматриваться как изотоп водорода.

которых не удалось определить. Уже это перечисление дает ясную картину, что мы здесь имеем явление, зависящее от состояния наших знаний, переходящее, а не природное явление. Ближайшее будущее в корне изменит наше представление.

Еще несколько замечаний по поводу этой таблицы. Бросается в глаза, что получено четыре изотопа гелия атомного веса 3–6. Они получены из 28 элементов: водорода, лития, бериллия, бора, фтора, магния, алюминия, фосфора, серы, хлора, калия, кальция, скандия, титана, марганца, железа, кобальта, меди, цинка, галлия, рутения, сурьмы, бария, неодима, платины, золота, тория и урана. Они получены искусственно, но в условиях, которые должны иметь место в природе.

Особое положение гелия, до сих пор нами неясно понимаемое, ярко здесь сказывается. И количество гелия, получаемое этим путем, должно учитываться при выяснении его значения в химизме Земли. Инертный благородный газ, он, вероятно, в конце концов уходит из планеты. Хотя сейчас и опасно делать числовые выводы, все же ясно, что гелий представляет резкую особенность по сравнению с другими элементами. Это реальное явление, а не следствие неполноты наших знаний.

За гелием, получающимся из 27 элементов, следует бор, углерод, азот, кислород, фтор, неон, натрий, магний, фосфор, хлор, скандий, медь, которые получаются из пяти элементов. Едва ли это число – 5 – случайное.

24. В 1924–1934 гг. в моих «Очерках геохимии» [22] выяснен своеобразный химический характер рассеяния элементов в земной коре. Три геохимических группы элементов, 22,83% всего числа элементов, которые находятся в верхней части планеты, генетически связанных с биосферой в газовых оболочках, в биосфере, в стратифере, в метаморфической оболочке, в гранитной оболочке встречаются почти исключительно в рассеянном состоянии. Все они – 21 элемент – *благородные газы, рассеянные элементы и сильно радиоактивные элементы* – не дают в главной своей массе химических соединений и не скопляются в сколько-нибудь значительных массах. *Атомное состояние для них является господствующим*. Для благородных газов (2He, 10Ne, 18Ar, 36Kr, 54Xe) характерно совпадение молекулы с атомом. Для радиоактивных элементов (84Po, 86Ru, 88Ra, 89Ac, 91Pa) можно было объяснить такое их нахождение тем, что устойчивым их состоянием в течение геологического времени будет их рассеянность. Ибо устойчивое равновесие в планетных условиях устанавливается, когда их действенная энергия наименьшая. Такой будет она для радиоактивных элементов, когда их атомы окажутся в положении, что они будут отделены друг от друга химически инертной средой.

Остается группа элементов, состоящая из 11, в которых резко преобладает рассеянное состояние: это 3Li, 21Sc, 31Ga, 37Rb, 39Y, 37Br, 53J, 55Cs, 41Nb, 49In, 73Ta. Их химические соединения отходят на второй план. Для некоторых, таких как литий, скандий, рубидий, цезий, иод и бром, это выражено очень резко. При этом мы имеем два разных случая. Для иода и брома их соединения известны только в биосфере и никогда не встречаются в более глубоких оболочках, а для других – наоборот. Они встречаются в соединениях только в других термодинамических оболочках, в биосфере находятся исключительно в рассеянном состоянии. Причина этого пока непонятна. Мне кажется, мы здесь имеем дело с недостаточной изученностью парагенезиса.

В 1934 г., касаясь этого вопроса в “Очерках геохимии”, я пришел к заключениям, которые остаются неизменными и сейчас [23]. Рассеяние иода полное, напоминает в некотором отношении сделавшееся нам привычным нахождение радиоактивных элементов. Иод является по характеру своего нахождения как бы моделью радия. Его можно найти во всех без исключения минералах, в которых он собирается в различных, иногда относительно значительных количествах. Многочисленные измерения Фелленберга и других [24] дают пределы от $3,8 \cdot 10^{-3}$ (борнит) до $5 \cdot 10^{-6}\%$ по весу (кальцит), причем химически это нельзя объяснить.

Рассеяние в виде таких «следов» является наиболее характерной и обычной формой нахождения иода в земной коре. Мы не можем установить никакого отношения между его количеством и другими элементами горных пород и минералов, где он найден, как будто атомы или, может быть, ионы иода рассеяны во всем земном веществе под влиянием сил не химических, а скорее физических, может быть межуатомных. Очень возможно, однако, что иод и бром находятся, может быть отчасти, в волосной воде, пропитывающей земное твердое вещество, в слабом растворе. «По-видимому [25], мы имеем здесь дело с проявлениями свободных движущихся атомов, не соединенных в молекулы, заряды которых меняются и которые иногда (или всегда?) находятся в стадиях изменения (в некоторых случаях явного распада).

Энергия элементов в состоянии рассеяния есть энергия атомная».

Для иода надо обратить внимание на то, что он дает ясное отклонение от целого числа в своем атомном весе, но в то же самое время это *отклонение от целого числа в природном иоде не может быть объяснено изотопической смесью*. Изотопы в природном иоде не могли быть открыты. Но работы этого года показали, что искусственным путем при распаде актиноурана (^{235}U) получают четыре новых изотопа иода, которые все больше его нормального атомного веса [26]. Выяснить дело может только дальнейшее экспериментальное исследование.

25. Бросается в глаза другое явление, связанное с нахождением воды в земной коре, с явлением рассеяния элементов. В 1933 г. я подчеркнул, что в земной коре (в том понимании, как указано в § 18) вся вода земной коры представляет как бы единую сплошную водную оболочку, находящуюся в непрерывной связи в равновесии, с одной стороны, через водные пары тропосферы, с другой стороны – через капиллярные пленчатые воды, проникающие все твердое вещество – горные породы биосферы, стратисферы, метаморфической и гранитной оболочек, и связанную в сплошную массу гидросферу. Эта единая масса воды – водного раствора – составляет несколько процентов «земной коры». Это большое планетное явление – единая масса воды [27].

Уединенной воды, не связанной с единым водным равновесием земной коры, учитывая геологическое время, по-видимому, нет, и в действительности мы имеем здесь единое своеобразное положение воды в организованности нашей планеты. С этим единым водным равновесием связано и все живое вещество, которое без воды не могло бы существовать. Вода захватывает почти все химические элементы, является в форме водных растворов, в огромной массе слабых, и в господствующих наших представлениях этот водный раствор представляет из себя форму рассеяния химических элементов, состоит из свободно двигающихся в растворе положительно и отрицательно заряжен-

ных атомов и их групп. Только в рассолах мы имеем другого рода соединения химических элементов с частицами воды, но рассолы являются ничтожной преходящей частью в земной коре. Точно так же и вода живого вещества, по-видимому, не связана с рассеянными атомами. Твердое вещество биосферы и прилегающих к нему более глубоких оболочек не дает нам сплошных геологических оболочек. Под геохорами и в стратиффере до метаморфической оболочки мы имеем в результате поверхностных горообразовательных процессов и геосинклиналей сложную структуру твердых глыб, о которых дает нам понятие геологическая карта и геологические разрезы. Как видно из схемы геологического разреза планеты, мы имеем в биосфере мозаичную структуру, как во времени – на одном уровне породы стратифферы, метаморфической и гранитной оболочек, так и по составу – на одном уровне породы вулканические, плутонические и осадочные. Каждая из них имеет химический состав вод различный.

По мере углубления внутрь планеты мозаичность уменьшается, и в гранитной оболочке, оставляя в стороне диссимметрию (см. таблицу оболочек, § 94), мы имеем дело с более однородной средой. Уже на небольшой глубине, исчисляемой немногими километрами, температура биосферы достигает 100 °С, и водяной пар начинает играть в ней значительную роль. Ввиду мозаичности структуры твердых масс в биосфере, принадлежности их к области “подвижной земли” (см. § 93), зависимости от температуры радиоактивного распада, геотермические уровни будут чрезвычайно сложными.

Бросается в глаза существование двух резко различных форм нахождения химических элементов. С одной стороны, элементы *гидрогенические*, которые входят в указанное водное равновесие, и, с другой стороны, элементы, названные мною элементами *пирогеническими*, которые в указанное водное равновесие земной коры не входят. Пирогенические элементы находятся в этих водных растворах как бы в *рассеянии*. Никогда количество их в водном растворе планеты не превышает их рассеянного количества.

Причина этого, по-видимому, сложная, и я даю это явление как эмпирическое обобщение. Сюда относятся 28:

1) все элементы редких земель – 57La, 58Cs, 59Pr, 60Nd, 61Pm, 62Sm, 63Eu, 64Gd, 65Tb, 66Dy, 67Ho, 68Er, 69Tm, 70Vb, 71Lu; всего 15 элементов, от лантана до лютеция, т.е. от атомного веса 138,90 до 175,0;

2) все элементы группы благородных металлов, за исключением золота и серебра, всего 6: 44Ru, 45Rh, 46Pd, 76Os, 77Ir и 78Pt атомного веса от 101,7 до 195,35;

3) из рассеянных элементов (см. § 6): 21Sc, 39Y, 41Nb, 73Ta;

4) из радиоактивных элементов: 89Ac, 90Th, 91Pa.

И, наконец, еще 40Zr и 72Hf. Для мазурия и рения нет точных данных. Нельзя не обратить внимание на торий. Нет ни одного ториевого минерала, который выделялся бы из водных растворов. Торий находится в водных растворах в виде изотопов, которые выделяются в историческое время из урана, например радиоторий. Искусственно мы получаем сколько угодно водных растворов ториевых соединений, но в земной коре ториевых минералов, происшедших из водных растворов, нет.

26. Уже те факты, которые установлены, ярко выявляют *геохимию*, к которой они относятся, как науку иного порядка, чем *геофизика*. В геофизике мы

не выходим за пределы нашей планеты. В ней явно мы имеем дело только с *индивидуальной планетой*, с Землей. Закономерности, которые при этом открываются, отнюдь не могут распространяться на другие планеты без больших, по-видимому, коренных поправок.

В *геохимии* мы имеем дело с совершенно иной совокупностью научных данных. *Вещество Вселенной*, не только нашей галактики, едино. Законы, ему отвечающие, всюду одинаковы. Геохимия явно выходит поэтому за пределы геологических наук и является частью *химии*, вернее, это часть науки, которая создается на наших глазах в XIX и особенно в XX в., – *космохимии*. Современная астрономия давно перестала быть только *небесной механикой*. Перелом совершен Ньютоном и закончен великими мыслителями-математиками XVIII: столетия: Эйлером (1707–1783), Лапласом (1749–1827), Лежандром (1752–1833), Даламбером (1717–1783). Глубокий анализ Бошковича (1711–1787), как мы теперь видим, дал прочную основу небесной физике, предвозвестившей созданные в XIX и XX столетиях *энергетику* и *атомистику*. Сейчас в астрономии царит, с точки зрения ее современной проблематики, *химия* в ее атомном аспекте.

Геохимия, таким образом, неотделима от космохимии. Это сейчас ярко является, так как мы живем в *век научного атомизма*, каким является XX век. В сущности мы только в него входим. Уже пример метеоритов и тектитов ясно показывает, что законы геохимии выходят за пределы планеты и правильнее было бы их назвать *космохимическими*. Название, конечно, безразлично и условно. Гораздо важнее *факт, научное явление*, здесь выявляющееся. Это огромного значения *космическое явление*, вскрывающееся при геохимическом подходе к геологии на нашей планете. Этот новый для геологов аспект геологических явлений, вскрываемый *геохимией*, приобретает *основное значение* в геологии, выводит ее законности из закономерностей планетной системы.

27. Наши геологи резко отстали от мирового научного движения XX века. Еще до сих пор старые концепции космогонии XVIII–XIX столетия, *десятки лет тому назад падшие, царят у них*, серьезно принимаются и обсуждаются. И что еще хуже, этим религиозно-философским и космогоническим фантастическим представлениям обучают в наших школах и вузах *как научным истинам!* В антирелигиозной литературе, они излагаются как *достижения науки*, с явным вредом для той цели, которой должна служить эта литература. Нельзя безнаказанно это делать в XX веке. Что приходится отвечать на вопросы и запросы, которые сейчас, благодаря этому, возбуждаются кругом? *Люди думают и проверяют то, чему их учат.*

Когда в 1934 г. я впервые пытался в Академии обобщить новые в геологии эмпирические научные достижения как самостоятельную, имеющую огромную будущность новую научную дисциплину – *радиогеологию*, я, к удивлению, встретился с возражениями, из которых увидел, что крупные ученые (один из них крупный геолог, теперь умерший) *верят*, например, представлениям-вариациям Кант-Лапласовской гипотезы как *окончательно научно установленной истине*.

Правда, в первых попытках – после открытия радиоактивности, новых концепций об источнике теплоты нашей планеты – в работах новаторов в этой области Д. Джоли и А. Холмса мы видим попытки как-то связать новые представления со старыми идеями XVIII в. – попытки компромисса.

Но эти представления для Джели относятся главным образом к первым его попыткам в первом десятилетии XX в. У Холмса они выражены еще менее резко.

Сейчас, когда наши основные научные понятия переживают резкий перелом, нельзя опираться *без коренных поправок* на представления, которые царили во второй половине XIX в., не говоря уже о том, что это не научные, а философские и философско-религиозные концепции. К философии, а не к науке, должны быть отнесены и все *космогонии*, хотя бы потому, что в *основе их построения лежит гипотеза, что мир – Вселенная, нами изучаемая, имел начало*.

Это положение выделено не из научного опыта или научного наблюдения, а как мы увидим дальше, оно зиждется *на религии, на вере*. Вся эмпирическая *научная работа астрономии исходит из обратного представления* – о неопределенной долгой закономерной длительности научно наблюдаемого природного процесса – длительности в прошлом и будущем. Так же как и геология, она целиком отвечает принципу Геттона: «В геологии мы не видим ни начала, ни конца».

Нет научно установленных природных явлений, этому противоречащих. В эпоху создания ноосферы, которую мы переживаем, мы не можем оставлять без внимания факт, что в научную среду мощно вливается поток ученых во всеоружии современного знания, для которых на их чуждой нам религиозно-философской основе необходимость начала мира и его процессов не кажутся неизбежными, а наоборот, для них *извечность существующего* («природа») и *его закономерная изменчивость* в ходе времени являются реальностью. Это – ученые Индии, отчасти Дальнего Востока, Китая и Японии, живущие в атмосфере древних великих религий и таких же философий. Их влияние с каждым годом все больше чувствуется. Выход их в первые ряды науки кажется мне неизбежным.

Геолог должен исходить из эмпирического материала XX в., а не из космогоний. Космогонии нашего времени неизбежно еще более *эфемерны*, чем космогонии прошлых веков. Это не может быть иначе при том темпе роста научного знания, который можно уподобить только взрыву. Мы переживаем сейчас в науке революционный переворот, по силе и по мощности превышающий ту социальную и политическую революцию, которая выявляется нам в обеих мировых войнах.

Новая научная атомистика в мировой, особенно в американской литературе, отражается гораздо больше, чем это имеет место в нашей стране.

В нашей стране мы видим все усиливающееся значение геохимии в текущей работе геолога, но без исследовательского углубления в ее основные представления, и в то же время пренебрежение и даже резкое отрицание научно установленных фактов *радиогеологии*. Геохимия в основе своей, как указано (см. § 26), наука химическая, не естественноисторическая в прямом смысле, т.е. не наука только о нашей планете, о Земле. Но радиогеология станет гораздо глубже и ближе к геологии, так как она охватывает целиком те же объекты, как геология, не выходя из ее рамок; это часть геологии.

Основной вопрос об источнике тепловой энергии нашей планеты, впервые выясненный Джели и Стрэттом в 1906–1908 гг. (см. § 62), до сих пор не вошел в научную работу наших геологов и вызывает у них сомнения и возра-

жения, *недопустимые в науке*, так как *отрицаются не гипотезы, а научные факты*, разрушающие привычные концепции.

К сожалению, эта рутина геологических воззрений в нашей стране до пор держится; она понижает уровень нашей геологической работы, так как защищает ложные научные представления и мешает точной геологической работе. Наша научная геологическая и геофизическая мысль отстает не только от передовой мысли человечества, но, что еще важнее, отстает и от методики современной научной работы (особенно геологической).

Не только корни ее идут к фантастическим концепциям XVII–XVIII вв., они оставляют в стороне одно из величайших достижений геологии в наше время – *числовое выражение геологического времени*.

Мне кажется сейчас совершается *перелом*, но до сих пор у нас нет *ни одного научного курса геологии для высшей школы, который бы отвечал* этим новым течениям, ломающим основные представления геологии. Наша высшая школа, полная узкой специализации и регламентации, не отражает в должной мере новых течений, и многочисленная геологическая молодежь в ней учащаяся, выходя в самостоятельную научную и научно-практическую работу, не стоит на уровне современного знания. Она не виновата.

История повторяется. Мы переживаем в XX в. то, что пережила в XXI в. континентальная Европа в эпоху наполеоновской блокады, когда научное творчество английских и шотландских геологов – создавших современную геологию – Геттона, Плейфера, Смита, Бёкланда и вплоть до Ляйнеля, дошло до русских, немецких и итальянских геологов через десятки лет позже, чем у англосаксов.

Так и у нас – в эпоху революционных, небывалого масштаба и небывалых мировых войн 1914–1942 гг. ослаб научный мировой обмен, особенно в нашей стране. В результате огромное, небывалое по темпу расширение нашей государственной геологической разведки доставило массу новых чрезвычайной научной важности фактов, теоретическая обработка которых отстала от требований жизни и уровня современного научного знания.

28. Наряду с точным научным описанием и накоплением этим путем огромного количества новых, часто исключительной важности, фактов и эмпирических обобщений, охвативших около шестой части суши, творческая мысль пошла в нашей геологической работе по *ложному пути* представления о геологии планеты, как сверху застывшем, давшем *земную кору*, внутри горячем, расплавленном теле.

По существу наши геологи и геофизики исходили из представления об охлаждающемся небесном теле, сжимающемся при застывании, теряющем газы в течение геологического времени. Наблюдаемые при этом перемещения твердых глыб были объединены этим представлением, имевшим тогда более чем столетнюю давность.

В конце XIX – начале XX вв. огромный синтез столетней геологической работы всего научного материала для всей планеты был сделан австрийским геологом Э. Зюссом. Э. Зюсс впервые на огромном материале повторил более старую попытку геологического синтеза Э. де Бомона, в которой преобладали теоретические представления.

В работе Зюсса мы видим другое – резкое преобладание *фактов* и рабочих концепций над теорией, попытку, во многом гениальную – втиснуть

их в рамки нереального представления – об области геологии как о *твердой земной коре расплавленной некогда планеты*. Кора эта мыслилась не очень мощной. В действительности это не так. Мы видели, что при больших давлениях внутреннее вещество планеты не может быть сравниваемо с твердым, жидким и газообразным состоянием материи – земной коры.

В космогониях, *de facto* лежащих в основе представлений большинства наших геологов, они забывают о невозможности перенести в этот чуждый мир обыденные условия биосферы и “земной коры”.

Они имеют дело с фактами, которые, однако, пытаются втиснуть в нереальную обстановку.

Результатом явилось огромное количество разнообразнейших, в общем эфемерных, орогенетических и тектонических представлений о коре застывания планеты, “земной коре”, частью фикций, не имеющих реального основания, быстро сменяющихся и противоречивых.

Мне кажется, в тех случаях, когда геолог не выходил из пределов биосферы, он получал результаты, например в геоморфологии, с которыми приходится считаться. Но как только он уходил в глубь планеты, в выдуманную им нереальность, он терял почву под ногами и его теоретические построения переставали отвечать фактам или иногда только *в общих чертах им отвечали*, недолго выдерживали точную научную критику. Их нельзя было уточнить или, если можно было, получалось нередко противоречие.

Но среди этого хаоса эфемерных представлений несомненно есть большая доля точных данных, точных эмпирических обобщений, проникнутых нередко явно ложными представлениями, от которых необходимо избавиться, прежде чем вводить эти достижения в научную работу. Такой критический анализ еще не сделан.

В последнее время, у нас главным образом, но и в Германии (например, Данкэ), возобновились натурфилософские и философские попытки разобрататься в этом хаосе идей и фактов. В этом отношении наша геологическая литература возвращается к давно – в начале прошлого века – оставленным путям научных исканий.

Мне уже не раз приходилось высказываться, что в переживаемый нами в науке исторический момент такие построения могут быть оставляемы без внимания, пока философская мысль не обработает тот новый наплыв фактов, идей и обобщений, который вошел в XX в. и потоком, все растущим, входит в современную научную мысль. Мы переживаем здесь внедрение в науку ряда идей и положений, которые еще никогда с такой силой не входили в философскую мысль и являются для нее совершенно новыми. Пока их философский анализ не будет сделан, можно с философской критикой такого нового научного материала не считаться.

В нашей геологической литературе нельзя не отметить попыток крупных геологов, как М.М. Тетяев и М.А. Усов, искать выход из хаоса, используя философскую методику.

Я думаю, что я не ошибусь, если оценю их попытку как неудачную. В своем новом она не дала научно важного ничего. Нельзя вливать новое вино в старые мехи. С конца XIX столетия, с открытия радия быстро создалось новое научное мировоззрение, коренным образом изменившее все науки о природе, геологию в частности. Старая философия оказалась бессильной перед

быстро растущим новым материалом, не поняла его значения, им не овладела. Особенно резко сказалось это у нас, где крупные мыслители философии К. Маркс, Ф. Энгельс и В. Ленин, достижения которых не подвергаются научной критике из пиетета, не могли переработать новые научные данные, подвергнуть их той критике, которая необходима, так как эти новые данные появились в основной своей части после них. До сих пор не понято в философии, что неизбежным следствием такого переворота в научных достижениях является коренной пересмотр философских пониманий, и в философской мысли XX столетия не явилось мыслителей достаточной силы, которые могли бы охватить и охватили бы те коренные изменения научной мысли, которые вошли в научное сознание. В истории человечества еще не было момента, сравнимого с ныне переживаемым.

Должна быть создана новая философия и создаются новая логика и методика и новая математика. Сейчас наука идет далеко впереди философии. Надо ждать, чтобы философский анализ охватил и переработал все то новое, что по сейчас наукой без ее участия создано. А пока что натуралист без вреда для дела, а может быть, и с пользой может с философским подходом к новому, по существу отличному от всего известного в летописях науки, не считаться.

29. Среди новых геологических идей есть некоторые положения, которые никак не могут быть оставлены без внимания и основаны на эмпирических обобщениях. Одно из них должно быть сейчас же отмечено.

Ясным становится, что в геологической истории нашей планеты есть времена большей и меньшей интенсивности геологических (в том числе и палеонтологических) процессов. Таких «критических», «революционных» периодов интенсификации процессов «пульсаций» нам известно после докембрия по последней сводке одного из наших геологов, наиболее углубившихся в эти вопросы, проф. Б.Л. Личкова (1941 г.) [33], по крайней мере, пять. Мы увидим (см. § 34–36), что мы живем в конце одного из *таких периодов*, которые характеризуются замиранием ледникового периода и отсутствием дизъюнктивных дислокаций ярче всего. Человек сознательно пережил конец огромного оледенения северного полушария и огромное изменение горных ландшафтов, например создание таких высочайших хребтов, как восточная часть Гималайского [34]. Сам *Homo sapiens* является созданием этого кризиса.

Мне кажется, что все указывает на то, что наибольшая интенсивность этих процессов проявляется в пределах биосферы. Никакого объяснения этих фактов мы не знаем, но едва ли правильна мысль большинства геологов, что причину ее надо искать внутри планеты. *Вероятнее, она связана с активностью биосферы, с космичностью ее вещества* (см. § 19). *Причина лежит вне планеты*. Считаясь с этим положением как с явлением первостепенного значения, я постараюсь в дальнейшем возможно меньше касаться его объяснений, но еще вернусь к нему.

Сейчас надо остановиться на другой борьбе большинства наших геологов с проникновением в геологию новых научных понятий – на борьбе с новым понятием о геологическом времени.

Здесь положение было гораздо лучше. И я думаю, что здесь наши геологи, в целом, уступили веянию времени почти вовремя.

Часть наших геологов сразу поняла значение этого крупнейшего достижения. В числе таких новаторов был, сразу понявший новое, теперешний

директор Геологического комитета проф. А.П. Герасимов, П.И. Преображенский и другие.

Геология по существу наука историческая, она изучает *прошлое* Земли, главным образом биосферы (см. § 18). Палеонтология вскрыла уже в середине XIX столетия закономерное изменение с ходом времени видов животных и растительных форм, после работ Ч. Дарвина и А. Уоллеса, первого в особенности. Вся стратиграфия основана на понятии геологического времени – изменении живой природы с его ходом. Неизменно с самого начала геологи пытались исчислить этот процесс количественно, выразить геологические и палеонтологические явления в общей нашей научной и житейской *единице времени*. Однако точно удалось это сделать, только взяв за эталон времени *распад радиоактивных элементов*, для которого установлено, что он идет с темпом, не зависящим от всей окружающей нас среды. Он не меняется ни от давления, ни от температуры. Для натуралиста темп этого распада абсолютно неизменен.

Это свойство, открытое П. Кюри (1859–1906 гг.), дало в руки геолога возможность выражать астрономически, в *годах*, длительность геологического явления, *исходя из химического анализа* радиоактивных элементов в веществе планеты и полученных распадением новых атомов – изотопов. Можно считать доказанным (первый Д. Джоли) с помощью, например, плехроических двориков, что этот темп был численно один и тот же на протяжении всей геологической истории от криптозоя (много больше двух миллиардов лет) до нашего времени. В зависимости от точности химического и радиохимического анализа мы можем этим путем измерять длительности времени, превышающие сто и немногие сотни тысяч лет. Это как раз те пределы, которые отвечают длительности геологических процессов. То, что нужно. Эти исследования производятся в физических или в радиевых институтах и лабораториях.

30. Научная работа в этих новых областях знания пошла в нашей стране совершенно иначе, чем в Северной Америке и в Западной Европе. Наши физики вначале обратили гораздо меньше внимания на новую открывающуюся область знания и весь героический творческий период быстрого создания основ новой науки о радиоактивности, и, как мы теперь видим, процесс нового миропонимания произошел почти без участия наших физиков в масштабе, который отвечал бы их реальной научной силе в мировом аспекте науки Российской. Частью, и может быть главным образом, это связано с несчастной случайностью – гибелью в начале работы от болезни блестящей плеяды молодых работников в полном расцвете сил. Молодыми умерли Бородовский (почти от голода, ученик Резерфорда), Коловрат-Червинский (ученик М. Кюри), А. Спицын (ученик А.П. Соколова). Только один радиоактивный элемент – уран – был открыт русским Антоновым (учеником М. Кюри). Из профессоров физики начали заниматься новой областью И.И. Боргман в Петербурге (1849–1914) и А.П. Соколов в Москве (1854–1928). Последний оставил после себя школу. Начал было заниматься П.Н. Лебедев, но ранняя смерть (1866–1912) прервала его жизненный путь, как раз когда он получил большой Физический институт, созданный русским обществом после того, как он должен был уйти при Кассо из Московского университета.

Благодаря этому наш Радиевый институт был создан не физиками, или вернее не только физиками: В.Г. Хлопин, Л.В. Мысовский и я (причем одно

время вначале, в самый важный момент его существования, я находился почти три года за границей) придали ему своеобразный характер, сразу соединили в нем три проблематики – химическую, физическую и геологическую. Блестящие кадры молодежи обеспечили ему будущее. Радиевый институт в Ленинграде, при своем зарождении связанный с Академией наук СССР, потом был отделен от нее и являлся республиканским, а не союзным учреждением, но в последние годы связь с Академией восстановлена и он вернулся в организацию, где зародился.

С самого его начала связь его с геологами не прерывалась, но росла, и вопрос о *геологическом времени* стал на видное место в его тематике. Можно сказать сейчас, что методика его и аппаратура в этом отношении стоят на уровне науки, т.е. в нем идет самостоятельная творческая работа в этой области (Э.К. Герлинг, И.Е. Старик и др.).

Мы пытались с самого начала завязать тесные связи с геологами, но встретились здесь с большими затруднениями, так как главная государственная организация нашей страны переживала в эти годы очень тяжелое время. В Геологическом комитете существовала Радиохимическая лаборатория, не занимавшаяся специально геологическим временем, но находившаяся в тесном контакте с Радиевым институтом с самого его основания.

В 1932 г. заведовавший тогда научной работой Геологического комитета (директором был Языков?) проф. М.М. Тетяев заявил в публичном заседании Комитета, что Радиохимическая лаборатория со следующего года подлежит сокращению как ненужная. В это время при Комитете была философская группа, председателем которой был М.М. Тетяев, а инструктором какой-то молодой философ. Эта философская организация издала несколько философских брошюр – научно очень слабых.

В такой обстановке я обратился к М.М. Тетяеву, в качестве заместителя председателя Всесоюзной радиоактивной конференции, с просьбой организовать в Геологическом комитете совещание по геологическому времени под моим председательством для того, чтобы выяснить огромное научное значение этой проблемы для геологов. М.М. Тетяев думал, что это обсуждение нужно для нас, но не для геологов. Поэтому несколько раз нам давали маленькие помещения, где кроме старых геологов Радиевого института и философского кружка никто не мог поместиться. Наконец, после моего протеста, мы добились возможности выступить перед всем коллективом научных сотрудников Геологического комитета и Радиевого института. Открывая заседание, я заявил, что мы не будем выходить за рамки науки, так как мы недостаточно компетентны в философии, а в новых научных дисциплинах современная философия не может иметь значения, пока ею не проделана предварительная философская обработка новых величайшего значения научных достижений XX в.

В результате выяснилось *полное незнакомство* с радиогеологией выступавших членов философского кружка и геологов, для всех ясное. Когда я закрыл заседание и ушел, собравшиеся разбились на кружки и оживленно обсуждали разные вопросы до позднего вечера. Возражения замолкли.

Сейчас научная радиогеологическая работа в нашей стране быстро растет. Радиевый институт в Ленинграде стоит в первых рядах мировой науки, но до сих пор на нашей высшей школе это не отражается.

Предварительная таблица геологического времени [35] (в млн лет)

Период	Абсолютный возраст				
	По В.В. Белоусову			По Шухерту и Денбару (1934 г.)	
	Начало периода	Конец периода	Продолжи- тельность		
Неоген	30	0	30		17
Палеоген	70	30	40		43
Мел	110	70	40	Верхн.	35
				Нижн.	20
Юра	150	110	45		40
Триас	185	150	30		35
Пермь	225	185	40		30
Карбон	275	225	50	Пенсильваний	30
				Мессисипий	30
Девон	310	275	35		40
Верхний силур	345	310	35	Верхний силур	30
Нижний силур	390	345	45		
Кембрий	455	390	65	Кембрий	80
Криптозойский эон*	1600	455		Докембрий	130

* Криптозойский эон начинается с альгонга и доходит до самых древних пород в Карело-Финской республике, возраст которых экспериментально установлен и которые далеко не доходят до катархеозоя. Жизнь существовала в самых древних отложениях криптозоя (см. § 114–115).

Нигде, сколько знаю, не организовано преподавание учения о радиоактивности хотя бы в доцентурах. Не каждый год бывают и доцентские курсы.

31. На последнем Международном Геологическом конгрессе в Москве в 1937 г. по моему предложению была организована Комиссия, которая должна была представить свой доклад о геологическом времени следующему конгрессу в Лондоне в 1940 г. Мировая война, начавшаяся в 1939 г., приостановила на несколько лет эту задачу, и проф. Лэн в Америке и я, которые должны были представить этот доклад, не могли этого сделать. Этот вопрос, конечно, может быть решен только на международном конгрессе, но пока во всем дальнейшем изложении я буду пользоваться предварительной таблицей, как она принята в геологии *Шухерта* и *Денбара* (1941) с необходимыми поправками [35]. Она неполна, но является все-таки новейшей сводкой компетентных ученых (табл. 5). Как видно из § 18, земная кора в понятии геологов есть та область планеты, в которой резко различимы твердое, жидкое и газообразное состояния материи и земных естественных тел. Это общее свойство всех планет. Но наша земная кора близка к коре земных планет и резко отличается по своим физическим и химическим свойствам от такой же коры гигантских планет.

32. Недостаточный анализ понятия *земной коры* ярко выразился у геологов и в их понимании *биосферы*. Для значительного их числа биосфера есть биосфера Зюсса – Лик Земли. Живые организмы, в ней находящиеся, как

будто научно причинно с ней не связаны – сторонние самодовлеющие тела. Но постепенно и по существу быстро эти взгляды меняются. Геохимия охватывает геологическую мысль и проникает все глубже в проблематику геологии: живой организм есть продукт, форма организованности биосферы, совокупность организмов есть живое вещество, ее геологическая функция (дисперсная «горная порода»), есть геологическая сила (биогеохимическая энергия) исключительного значения [36].

В биосфере мы имеем наиболее яркое и наиболее изученное проявление той структуры планеты, которая до сих пор еще многими нашими геологами подразумевается под именем «земной коры» (не вполне охватывающее все понятия биосферы). В понимании, не отвечающем современности. Современное научное понятие «земной коры» (см. § 58).

Вместо «земной коры» времени Зюсса и расплавленного или горячего земного ядра перед нами и из эмпирических наблюдений геологов, геофизиков и геохимиков выявляется строение нашей планеты из *геологических оболочек*, одной из которых является биосфера (см. § 33). Это явление, по-видимому, общее для *всех планет*. Чем скорее станут геологи на эту эмпирическую почву, тем лучше.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Вернадский В.И. Биосфера. Л., 1926.
2. Suess E. Die Entstehung der Alpen, 1875.
3. Первое указание этого было сделано мною в предварительном очерке “О количественном учете химического атомного состава биосферы” в 1940 г. (С. 10).
4. Радиологи иногда совершенно неправильно делают учет, и, например, в хорошей книжке Л.В. Мысовского (“Новые идеи в физике атомного ядра”. 3-е изд. 1940. С. 16) указывается, что максимум радиоактивной тепловой энергии достигается на глубине 20 км.
5. Spencer H.J. Life on other Worlds. N.Y., 1941. P. 67.
6. См.: Вернадский В.И. О значении радиогеологии для современной геологии // Тр. 17-й сес. Междунар. геол. конгр. СССР, 1937. М., 1939. Т. 1. С. 215–239.
7. Millican R. Study of the nature and properties of cosmic rays (1923–1932); Ursprung der kosmischen Strahlen // Forschung. u. Forsch. 1931. Bd. 7; Kurzwellige Strahlen kosmischer Ursprung // Ann. Phys. 1926. Bd. 79; Millican R., Cameron G. // Phys. Rev. 1928. Vol. 32. P. 553.
8. Soddy F. The interpretation of the atom. L., 1932.
9. Проф. Свентославский, Даробельская.
10. Жданов А.П., Сердаков // Докл. АН СССР. 1941. Т. 31, № 9. С. 862; Жданов А.П. // Тр. Гос. радиевого ин-та. 1937. Т. 3. С. 7; Jdanoff A. // Phys. et radium. 1935. Vol. 1, N 6. P. 233; Myssowsky L., Tschichow P. // Z. Phys. 1927. Bd. 44, Th. II, N 6/7. S. 4018.
11. Мысовский Л.В. Новые идеи в физике атомного ядра. 3-е изд. 1940. С. 208; Скобельцын Д.В. Космические лучи. Л.; М., 1936.
12. Вернадский В.И. Парагенезис химических элементов в земной коре (см. примеч. 6 к гл. 1).
13. Вернадский В.И. Парагенезис химических элементов. С. 9.
14. Химический состав метеоритов см.: 1930. С. 757–764; Заславский И. // Природа. 1931. № 3. С. 219–230; сводка данных см.: Ферман А.Е. // Геохимия. 1934. № 1. С. 159–181.
15. Жданов А.П., Сердаков // Докл. АН СССР. 1941. № 9. С. 862; Мысовский Л.В. Новые идеи в физике атомного ядра. 3-е изд. 1940. С. 28.
16. Мысовский Л.В. Указ. соч. С. 219 и сл.
17. Этот логический вывод верен только в том случае, если состав обычных химических элементов из смеси изотопов не связан с космическими лучами и если этот состав включает только наиболее длительные такого происхождения изотопы.
18. В основу этой таблицы положены данные из книги Л.В. Мысовского (см. 21), а также: Anderson H., Fermi E., Grosse A. // Phys. Rev. 1941. Vol. 59. P. 52; Grosse A., Booth E., Dunning J. //

Phys. Rev. 1939. Aug. Vol. 15; Wilson R. // Proc. Roy. Soc. A. 1941. Vol. 177. P. 382; *Krishnan R.* // Nature. 1941. Vol. 148. P. 407–408.

19. Надо отметить, что первые опыты дают уже тяжелые атомы водорода.

20. *Joliot F., Joliot-Curie I.* // C.r. Acad. sci. 1931. Vol. 193.

21. См. примеч. 18.

22. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 28.

23. *Вернадский В.И.* Там же. С. 37.

24. *Вернадский В.И.* Там же. С. 37.

25. *Вернадский В.И.* Там же. С. 50.

26. *Anderson Я., Fermi E., Grosse A.* // Phys. Rev. 1941. Vol. 59. P. 52.

27. *Вернадский В.И.* История природных вод. Л., 1933. Ч. 1, вып. 1. С. 26.

28. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 102.

29. *Hutton J.* См. примеч. 30 к гл. 1.

30. *Вернадский В.И.* Мысли о современном значении истории знаний. Л., 1927. 17 с.

31. *Merz T.* History of European thought in XIX century. 1903. Vol. 2. P. 4.

32. *Suess E.* Das Antlitz der Erde. W., 1888. S. 1885–1909.

33. *Личков Б.* // Природа. 1941. № 4. С. 29 и сл.; Он же // Природа. 1940. № 9; Он же // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1941. С. 6–15.

34. *Личков Б.* // Природа. 1934. № 6. С. 29; *Seidlitz W.* // Naturwissenschaften. 1932. Bd. 20. H. 32. S. 584.

35. *Schuchert Ch., Dunbar C.D.* A Textbook of geology. 4th ed. Pt. II: Historical geologie. N.Y., 1941. P. 71.

36. Термин “живое вещество”, введенный мной, теперь прочно вошел в научную терминологию (см. мои работы по биогеохимии, примеч. 2 к гл. III).

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О БИОСФЕРЕ

Биосфера – геологическая оболочка Земли как планеты. Организованность ее. Живое вещество как ее геологическая функция. Астрономические условия ее существования неизменны в течение геологического времени. Лик Земли. Зональность. Напор живого вещества (§33). Мы живем в конце ледникового периода. Его характеристика (§ 34–36). Материально-энергетический обмен биосферы с Космосом (§ 37). Вещество биосферы (§ 38, 39).

33. В биосфере, в пределах которой идет реально геологическая работа человека и за пределы которой она все еще слабо выходит, мы имеем дело с одной из определенных геологических оболочек, резко *sui generis*¹ и нигде на нашей планете не повторяющейся.

Биосфера и ее приближенный синоним – *Лик Земли* – оба понятия, введенные Э. Зюссом (см. § 55–56), но сейчас коренным образом измененные ходом дальнейшего исследования, ярко определяют основные черты поверхности нашей планеты: близость к Космосу, не повторяющуюся на нашей Земле и существование исключительно на ней живого вещества.

«Лик Земли» – картина Земли, если смотреть на нее из просторов Космоса. Э. Зюсс (1831–1914) и геологи того времени могли смотреть [1] и на проявление жизни и на Лик Земли как на независимые друг от друга явления. Сейчас для нас ясно, что Лик Земли не является результатом «случайных явлений», а отвечает определенной, резко ограниченной *геологической земной оболочке* – биосфере – одной из многих других, имеющих определенную структуру, характерную для земных планет (см. § 16). Эту структуру удобно назвать *организованностью*² по характеру идущих в ней геологических процессов.

Живые организмы являются *функцией биосферы* и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной *геологической силой, ее определяющей* (см. ч. II). Для того чтобы в этом убедиться, мы должны выразить живые организмы как нечто целое и единое. Так выраженные организмы представляют живое вещество, т.е. совокупность всех живых организмов, в данный момент существующих, численно выраженное в элементарном химическом составе, в весе, в энергии. Оно связано с окружающей средой биогенным током атомов: своим дыханием, питанием и размножением.

Так выраженные явления жизни изучаются в биогеохимии [2] и выявляются как огромный *геологический процесс*, геологическая сила *планетного характера*.

¹ Своеобразной. – *Ред.*

² В прежних работах мне приходилось употреблять понятие «механизм». Механизм отличается от организованности тем, что в нем отдельные части очень связаны друг с другом и никаких отклонений в их положении, легко вычисляемых из такой прочной связи, нет. Наши хорошие карманные часы, например, являются характерной формой механизма. В организованности такой точности нет. Явления слишком сложны и зависят от целого ряда причин, и положения частиц меняются в определенных количественно пределах, за которые они не выходят. В «Биогеохимических очерках» (М., 1940 г.) можно проследить те изменения, которые пришлось сделать в моих старых работах. Мне кажется, в философии английского философа и математика А.Н. Уайтхеда мое понимание организованности близко подходит к тому философскому пониманию организованности, которое проводит он в своей философии.

Основным определяющим началом для них является астрономическое положение планеты – расстояние ее от Солнца и наклон ее оси к эклиптике. Эти астрономические элементы мы пока можем рассматривать как данные. Они неизменны в течение всего геологического времени, сейчас это можно точно утверждать больше чем для двух миллиардов лет, по крайней мере (см. § 31–32). Ничто пока не указывает, чтобы такое состояние когда-нибудь в геологическом времени менялось.

Указанные астрономические элементы Земли определяют климат, а климат определяет жизнь, покрывающую нашу планету. Годовой цикл – полный оборот Земли вокруг Солнца – не только является мерилom нашего времени (и геологического), но и выявляется естественным мерилom *цикла жизни на планете*. Цикл жизни связан с круговоротом химических элементов, создающим, как увидим, *земную атмосферу* (тропосферу), непрерывно закономерно выделяющих в нее жизненными процессами газы – O_2 , N_2 , CO_2 , H_2O (см. § 155–157) и т.д.

Наблюдения окружающей природы уже тысячелетия приучили к этому человечество, но научно только теперь (см. § 146) это окончательно признано. Мне кажется, однако, что до сих пор в геологии недостаточно принимается во внимание планетный *характер нашей Земли – основные астрономические элементы ее: наклон ее оси вращения к эклиптике*, прежде всего, и *расстояние ее* в течение года *от Солнца*, одного из основных источников энергии биосферы и одного из основных регуляторов всех геологических, химических и биологических явлений в биосфере. Планетный характер Земли больше всего сказывается в биосфере.

Солнечная константа, определяющая эту энергию, отвечает 1,94 г/кал в минуту на 1 см² на верхней границе «свободной атмосферы» (см. гл. XIII)¹. Это величина не постоянная, вопреки своему названию, но закономерно меняющаяся. Во-первых, она зависит для Земли от расстояния Земли от Солнца. Ближе всего Земля к Солнцу 1 января – 22 949 радиусов, т.е. 146 207 000 км (в перигелии), а дальше всего – 3 июля (в афелии) – 23 791 земных радиусов, т.е. 151 570 000 км.

Это кажущееся изменение солнечной константы под влиянием движения Земли, не зависящее от Солнца. Но возможно – допустимо – и реальное колебание солнечной константы, проявляющееся в ходе времени бытового. По-видимому, это колебание меньше, чем недавно думали [3]. Колебания вероятны и в связи с Солнечными пятнами.

Научно допустимы колебания этой константы в течение геологического времени. Несомненно, климатические изменения в геологическом времени идут в биосфере в течение более 2 млрд лет, по крайней мере, причем жизнь в биосфере не уменьшается по своей мощности, но расширяется и проникает в новые, раньше безжизненные области планеты [4]. Ее значение увеличивается в ходе геологического времени. Ее проявлением является эволюционный процесс изменения организмов в ходе геологического времени, а ее значение прежде всего в “напоре жизни”, который выражается в резком механическом воздействии на окружающую среду живого вещества. Этот напор жизни производится прежде всего размножением, а затем – ростом. Мы наблюдаем

¹ Свободная атмосфера начинается в стратосфере.

его, когда лес надвигается на степь или степь надвигается на лес. Он может менять окружающую нас природу. То же явление в море мы видим в коралловых островах, которые строятся главным образом кораллами и известковыми водорослями. Они готовят почву для наземных организмов.

Напор живого вещества есть одна из самых мощных нам известных геологических сил [5]. Жизнь есть создание солнечного луча, что так ярко и глубоко впервые установил Р. Майер (1814–1878) [6].

Жизнь создает в окружающей ее среде условия, благоприятные для своего существования. Уже само непрерывное существование жизни с самых древних нам известных геологических отложений, с криптозооя [7], указывает, что климатические, прежде всего тепловые условия биосферы, резким образом никогда не менялись. Климат в своих астрономических тепловых основах оставался неподвижным. Можно считать эмпирическим обобщением этот вывод.

Мы не знаем никакого промежутка времени на нашей планете, когда на ней не было бы живого вещества, не было бы биосферы.

В метаморфических породах, последним и окончательным продуктом которых является гранитная оболочка Земли (см. § 61), мы видим последний устойчивый продукт былых биосфер. Они образуются только на континентах (см. § 62–64).

Если нет следа катастрофического планетного изменения, связанного с изменением положения оси вращения планеты по отношению к плоскости эклиптики, нужно сделать вывод, что и *световые свойства* нашей планеты были те же, что и теперь, в течение всего геологического времени, более двух миллиардов лет, минимум. Эти световые свойства чрезвычайно характерны. В предельных явлениях они могут быть выражены так: в окружении полюсов день и ночь длятся месяцами, на самом полюсе по *полугодиям*. На экваторе *день и ночь равны двенадцати часам*. От этих крайностей мы видим постепенные переходы.

Но астрономические данные определяют только самые общие черты климата. Распределение океана и суши, морские течения, воздушная циркуляция в тропосфере и колебания ее химического состава вносят большие изменения в тепловой и световой астрономический климат. Это выявляется не только в живом веществе и в его эволюции, но и в *зональности* всех геологических явлений нашей планеты (см. гл. IV). Это понятие зональности, такое простое, введено в научную мысль впервые в почвоведении В.В. Докучаевым¹, но для явлений жизни идет в конец XVIII в., к работам И. Канта (1724–1804) и А. Гумбольдта (1769–1859). Явления зональности характерны для поверхности биосферы, для твердой ее части.

Мы здесь встречаемся с резко выраженной *химической неоднородностью*, связанной с геохорами. В геохорах она резко проявляется как на картах геологических, так и ботанических и зоологических. Эта неоднородность, химическая в первую очередь, проявляется в меньшей степени в гидросфере, но и здесь она связана с твердым субстратом – дном и берегами, проявляется особенно резко *в морях и в шельфах*.

¹ Докучаев В.В. К учению о зонах природы. СПб., 1899. (Перепечатано из газеты «Кавказ», 1898.)

В пределах климатических поясов мы можем различить с химической точки зрения *биогеохимические провинции*, понимание которых только что начинает входить в жизнь и значение которых, и научное и бытовое, должно расти с ходом времени (см. § 191). В меньшей степени неоднородность – мозаичность – в физико-химической структуре должна сказываться и в *подземных частях суши*. Эта область только захватывается научным знанием. Пройдет, должно быть, немного лет, когда можно будет дать ее общий вывод. Сейчас мы только можем учитывать ее существование.

34. В ходе геологического времени мы наблюдаем для каждой местности резкие изменения климата, которые для нас, очевидно, с геологической точки зрения имеют основное значение и особенно резко, может быть и исключительно, проявляются в биосфере.

В геологии они выявляются в виде ледниковых и тесно связанных с ними озерных или дождевых периодов [8], мощность которых достаточна, чтобы в основных чертах изменить характер тепловых основ астрономического климата. Мы можем убедиться, что это явление проявляется уже в археозое, проявлялось несколько раз, и в настоящее время мы переживаем (см. § 35–36) конец последнего ледникового периода, резко проявившегося в северном полушарии, но отразившегося, например, на колебаниях уровня Тихого океана. Этот ледниковый период начался в третичной системе (в неогене), в плиоцене, может быть даже в конце миоцена, и длится, по крайней мере, 12–15 млн лет.

Мы видим, таким образом, что для планеты, взятой как целое, ледниковый период не есть период холода. Жизнь в это время мощно развивалась на планете, кроме относительно ограниченных участков суши и шельфов, покрытых льдом местами на высоту километров.

Характерно, что такие скопления материковых ледников происходили не только вблизи полюсов, но в некоторые из ледниковых периодов наблюдались и в местностях, близких к экватору. Например, в пермское время наблюдались в Индии и в Южной Америке. Это было примерно 190–220 млн лет тому назад (Шухерт и Денбар) (см. § 32) [9].

Мы видим здесь резкое проявление того химического соединения, которое определяет всю геологическую историю биосферы – *воды*. Биосфера как раз представляет собой область, где вода господствует и по массе, и по своему геологическому значению и где она свободно переходит из твердого в жидкое и газообразное состояния (см. § 53).

35. История геологии переполнена попытками объяснить ледниковые периоды с тех пор, как идея о ледниковых периодах после нескольких десятилетий одиночных высказываний (Л. Агассиц и др.) [10] в 1860–1870-х годах окончательно вошла в научную мысль (П.А. Кропоткин, Торрель, Шмидт Ф.) [11]. Можно сказать, что эти попытки до сих пор были неудачны. Искали объяснения в астрономических явлениях, допускали передвижение полюсов, движения материков и т.п.

Мне кажется, что все такие попытки обречены на неудачу, так как становится ясным, что ледниковые периоды входят как закономерная часть в те критические периоды, о которых говорилось в § 29. Объяснения надо искать для этих критических периодов, а не для ледниковых, с ними связанных. *Пока надо их принимать как эмпирический факт.*

Ледниковые периоды, которые всегда приурочены к биосфере, прежде всего выражаются в резком нарушении климатического состояния всей планеты, но, сверх того, этому процессу предшествуют или сопутствуют явления другого порядка и другого рода, впервые отмеченного, независимо друг от друга, В. Рамзаем (1924 г.) [12] и Д.Н. Соболевым (1916 г.) [13]. С одной стороны, процессы, связанные с движениями земных твердых глыб в верхних частях земной коры, в области биосферы главным образом, а с другой – с резким изменением родового или видового характера живого вещества планеты.

По-видимому, все они генетически связаны, хотя по интенсивности и по порядку времени не совпадают. Ясно, что есть известная последовательность, закономерность в чередовании этих трех интенсивностей. В четвертичном периоде, во второй части которого мы живем, вероятно, наиболее ярким проявлением бывших здесь процессов, с биосферной точки зрения, является создание эволюционным путем человека, приводящее в конце концов к новой стадии биосферы, к *ноосфере* (см. § 199, 203, 216, ч. II).

В живом веществе создалась новая геологическая сила ума и техники, раньше на нашей планете небывалая, которая нам кажется беспредельной, и возможно, в будущем выходящей за пределы планеты.

Впервые в эволюционном процессе произошло резкое изменение характера живого вещества, не связанное с изменением скелетных форм, но по-новому проявляющее эволюционный процесс, на который эмпирически в 1850-х годах указал Д. Дана в Нью-Хейвене как на цефализацию (принцип Д. Дана) (см. § 199). Он указал на непрерывный с кембрия, с остановками, но без возврата назад, рост центральной нервной системы, мозгового аппарата в одном и том же направлении. Он не понимал его так, как мы теперь понимаем, но он правильно выразил его как эмпирическое обобщение научных фактов.

Биосфера переходит в ноосферу (см. § 199 и сл.). Четвертичный период надо начинать с конца плейстоцена, как это указывал среди других ярко А.П. Павлов [14], и общая длительность его тогда достигнет нескольких миллионов лет, возможно до 15 млн лет [15]. Но в это время предки человека терялись в той живой среде, которую представляла в это время биосфера как царство крупных млекопитающих Осборна. Только в четвертичную эпоху медленно и с борьбой охватывал поверхность планеты род Номо и близкие к нему питекантропус, синантропус и др. Только в последнее столетие они стали занимать ведущее положение, и в наше время *Nomo sapiens* и неразличимые в нем потомки других родов человека охватили планету и подходят к переработке ее в ноосферу (см. § 199 и сл.).

36. Недавно Б.Л. Личков коснулся характера современной *эпохи*, с точки зрения движений литосферы, синхроничных, предшествующих или последующих указанным ледниковым и эволюционным для живого вещества проявлениям в биосфере.

Он характеризует современную эпоху – ноосферу как продолжение четвертичной, характеризующейся тем, что и ледниковые фазы в истории планеты были не только фазами высокого поднятия гор и определенных – околополярных – участков равнинной суши, которые в силу этого покрывались льдом, но, вместе с тем, что фазы эти были фазами резких контрастов рельефа [16]. Эти контрасты вызваны геосинклинальным процессом. Формирова-

ние геосинклиналей характерно для современной эпохи, как и для последней ледниковой.

«Наша эпоха эпейрогенетических поднятий попадает со своими аллювиальными равнинами, геосинклиналями и мощными отложениями осадков в фазу литогенезиса» [17]. Надо отметить, что этот литогенезис создается двумя процессами: с одной стороны, магматическими явлениями, с другой стороны – деятельностью живого вещества, главным образом морского и океанического, в меньшей степени почвенного и подземного, приводящего к созданию осадочных пород. Можно согласиться и со следующей характеристикой Б.Л. Личкова: «Вся рассматриваемая нами эпоха от миоцена до наших дней включительно была эпохой, когда происходил процесс поднятия путем выпучивания гор и параллельно с ним развивался... процесс оседания морских глубин с созданием геосинклиналей, а равно такой же процесс оседания наземных впадин ... и совпадающих с их поверхностью наземных аллювиальных равнин» [18].

В другой работе Б.Л. Личков указывает: «Горные и материковые ледники, а равно и обуславливаемые ими ледниковые эпохи, повторявшиеся в истории Земли неоднократно, каждый раз обуславливались подъемом горных цепей, а равно подъемом, хотя и иного масштаба, больших участков полярной суши соответствующей эпохи. Два фактора климата сливались этим как бы в один» [19]. «Отсюда вытекает определенная общая закономерность, что эпохи оледенений являются вместе с тем в истории планеты эпохами активного формирования как отдельных геосинклиналей, так и ее систем» [20].

«Геологи постоянно говорят о сводообразном поднятии горных хребтов – Альп, Кавказа и других, происходившем в течение четвертичного периода, и дают веские доказательства наличия этого процесса» [21]. «В частности, по данным экспедиции Диренфурта, является фактом, что горы Эверест и Каншенцонга – величайшие вершины Гималаев – поднялись на плато в самое недавнее, уже историческое время» [22].

«Нельзя сомневаться, что вертикальное движение последней фазы жизни Земли продолжается в горных районах и прилегающих к ним территориях еще и сейчас на наших глазах геологически очень энергично... В основном молод рельеф современной эпохи в целом; эта молодость современного рельефа выражение свое находит в характере рельефа и движений современных горных систем, в которых в нашу эпоху, можно сказать, все неспокойно» [23].

«Рельеф земного шара в его крайних различиях создается не мелким складкообразованием, связанным с тангенциальными напряжениями земной коры, носящими название орогенезиса, а движениями радиальными, характера поднятий и опусканий – эпирогенезисом... На основании всех изложенных фактов непосредственных наблюдений мы можем сказать, что весь четвертичный период вообще и современная эпоха в частности были временем энергичных поднятий и опусканий земной коры» [24].

«Очень нетрудно убедиться, что каждый раз, когда в истории Земли возникали движения земной коры, приводившие к поднятию и оледенению, они начинались после периода складкообразовательных процессов» [25].

Личков думает [26], что современная эпоха есть маленькая часть большой революционной геосинклинальной ледниковой вспышки в истории земного шара. Ее геосинклинальные движения происходили главным образом в пре-

делах Средиземноморья. По-видимому, процесс усиления вулканических явлений несколько предшествовал современному критическому периоду и достигал максимума в миоцене¹.

Мы только что подходим к точному определению длительности этих критических периодов, и едва ли можно утверждать, что есть периоды более длительные и менее длительные. Этот вопрос может быть решен только радиоактивным определением времени. Первая попытка, сделанная В.В. Белоусовым [27], дает примерно 25–50 млн лет для каждого периода (см. § 32).

Чрезвычайно характерно, что все эти критические области приурочены не ко всей планете, а к ее поверхности, в сущности, они едва ли много выходят за пределы биосферы в своей действенной фазе. Очень возможно, что это связано с тем, что биосфера соприкасается с космосом через газовую оболочку, в которой перемещения твердых масс литосферы выражаются резко отлично и более свободно, т.е. сильнее, чем те движения, которые происходят и им отвечают в твердой среде – на глубине. Но возможно, что это связано не только с этим, но и с тем, что причину этих движений нужно искать в самой биосфере или в близкой к ней среде, или, возможно, она связана с лежащими *вне биосферы* космическими силами.

37. Вещество биосферы, как указывалось (см. § 33), нигде в других геологических оболочках планеты не повторяется. С одной стороны, мы имеем здесь природную лабораторию, в которой господствуют резкие воздействия разных форм *космической энергии*, некоторые из них стали нам известны только в последние годы; с другой – область планеты, которая непрерывно в течение миллиардов лет принимает в себя непрерывный приток *космической материи и энергии*, которая образовалась в условиях, чуждых нашей планете, и химический состав которой определяется явлениями, с Землей часто не имеющими ничего общего.

Геолог к тому же должен считаться с тем, что в этой области планеты он непрерывно встречается не только с привнесом энергии и материи космического происхождения, но что здесь же имеет место *обратный процесс* – излучение в космическое пространство закономерно переработанного, в связи со структурой биосферы, лучеиспускания земной энергии и выноса в космическое пространство материальных частиц биосферы.

Количественно этот последний земной процесс, а частью и обратный ему, космический, к сожалению, пока недостаточно изучены. Много, однако, указывает на то, что мы имеем здесь дело с установившимся *динамическим равновесием* – материально-энергетическим обменом планеты с окружающими ее космическими просторами, причем сумма энергии и вещества планеты не меняется [28]. Возможно, что это равновесие не менялось в течение геологического времени. Сколько вещества приносится на землю, столько из нее уносится. Этой устойчивости для энергетического обмена, по-видимому, нет. Земля получает больше, чем отдает.

38. Биосфера не есть только так называемая область жизни. Это резко сказывается в ее веществе. Вещество ее состоит из семи глубоко разнородных частей, геологически не случайных. Во-первых, из совокупности живых организмов, *живого вещества*, рассеянного в мириадах особей, непре-

¹ В рукописи отметка: «проверить».

рывно умирающих и рождающихся, обладающих колоссальной действенной энергией (биогеохимической энергией [29]) (см. гл. XIX, XX) и являющихся могучей геологической силой, нигде на планете больше не существующей, связанной с другим веществом биосферы только биогенной миграцией атомов. Концентрация живым веществом определенных химических элементов в биосфере есть, по-видимому, ее господствующий – *биогенный* – геологический процесс¹.

Во-вторых, мы имеем дело с веществом, создаваемым и перерабатываемым жизнью, т.е. с живыми организмами, с *биогенным веществом*, источником чрезвычайно мощной потенциальной энергии (каменный уголь, битумы, известняки, нефть и т.д.). Живые организмы в нем после его образования геологически малодейтельны.

В-третьих, мы имеем вещество, образуемое процессами, в которых живое вещество не участвует: *косное вещество*, твердое, жидкое и газообразное, из которых только газообразное и жидкое (и дисперсное твердое) являются на поверхности биосферы носителями свободной энергии.

Четвертая часть вещества – это *биокосное вещество* [30], которое создается одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя динамические равновесные системы тех и других². Таковы вся океаническая и почти вся другая вода биосферы, нефть, почва, кора выветривания (см. § 51) и т.д. Организмы в них играют ведущую роль. Эти биокосные организованные массы являются сложными динамическими равновесными, в которых резко проявляется геохимическая энергия живого вещества – *биогеохимическая энергия* [31].

Мы увидим (см. гл. XVI), что различие между живым и косным веществом планеты лежит очень глубоко, что никогда живое вещество в миллиарды лет не образуется из косного, что нигде мы не видим ни следа абиогенеза, т.е. образования живого вещества непосредственно из косного. Оно обладает способностью, чрезвычайно сильно выраженной, размножаться, связано с косным только дыханием и питанием – биогенной миграцией атомов, выявляется поколениями. Можно думать, во всяком случае можно принимать за научную гипотезу, что различие между ними лежит глубже геометрического отличия, в особом состоянии пространства-времени, нигде на нашей планете, кроме биосферы, не встречаемого.

В-пятых, *вещество*, находящееся в *радиоактивном распаде* в форме многих относительно прочных радиоактивных элементов, причина распада которых нам неизвестна и может быть – это есть общее свойство всех химических элементов в меньшей степени. Мы здесь имеем дело с химическими элементами сложного изотопного состава, проникающими все вещество биосферы и идущими вглубь, на глубину, нам неизвестную. Это вещество, в такой форме дисперсно рассеянное, является одной из самых мощных сил, меняющих всю энергетику биосферы (как и более глубоких оболочек; см. гл. IX и X). С другой стороны, все вещество биосферы, и, по-видимому,

¹ Процесс идет глубже, меняется не только химический элементарный состав, но в ряде химических элементов меняется и их изотопный состав. Явление это недостаточно количественно изучено и сейчас стоит на очереди дня (см. § 70).

² Исключение представляют некоторые небольшие водоемы, связанные с вулканическими явлениями. Даже в Мертвом море (Палестина) есть микробная жизнь.

только биосферы, проникнуто шестой формой вещества – *рассеянными атомами*, которые непрерывно создаются из всякого рода земного вещества под влиянием космических излучений, непрерывно охватывающих планету, по-видимому, из просторов Млечного Пути. Изотопический характер этих рассеянных элементов неизвестен, по-видимому, это отдельные изотопы. Точное определение атомного веса их изотопов есть ближайшая научная задача дня.

Наконец, седьмым типом земного вещества является *вещество космического происхождения*, среди которого мы можем различить, с одной стороны, отдельные атомы и, может быть, даже молекулы, входящие в ионосферу из электромагнитного поля Солнца, а с другой стороны, проникновение потока отдельных атомов и молекул, приходящих к нам из космических пространств, может быть того облака космической пыли, которое охватывает всю нашу Солнечную систему (см. § 13).

Вторым типом космического вещества, непрерывно проникающим в поле тяготения и магнитное поле нашей планеты, является космическая пыль, падающие звезды, болиды и метеориты, непрерывно попадающие в биосферу.

Мы не имеем пока сколько-нибудь точного количественного представления об этом процессе, но, весьма вероятно, он может не влиять на массу нашей планеты, так как Земля непрерывно теряет атомы и молекулы – мелкую пыль, уходящие в космические просторы вопреки чисто абстрактному представлению о скорости отлета или ускользания, связанной с массой нашей планеты. В области стратосферы мы видим сложное движение разреженных масс, и нельзя рассматривать эти сложные движения только как проявления всемирного тяготения. Здесь проявляется резко не только поле тяготения, но и магнитное поле этих верхних геологических оболочек нашей планеты. Вполне возможно, что мы имеем здесь динамическое равновесие. Вещество планеты в ходе геологического времени не меняется. Планета наша столько же получает вещества, сколько его отдает (см. § 37).

Живое и биокосное вещество встречается на нашей планете только в биосфере, биогенное господствует в стратосфере (см. § 99). Я вернусь к этому вопросу во II части (см. гл. XIX, XX).

В геологии жизнь проявляется только в виде живого вещества. Необходимо в точной научной геологической работе с этим считаться. В религиозном, в философском и даже в обыденном языке понятие – жизнь и живое вещество – не совпадают, иногда резко. С этим мы не будем считаться и в геологии будем говорить только о живом веществе в том понимании, которое здесь дано.

Этим, мне кажется, логически точно и строго определяется понятие жизни до конца, поскольку она проявляется в геологических процессах. В него при этом не входит целый ряд представлений и следствий, которые в обыденном языке скрытно связываются с пониманием жизни и которые под влиянием религиозных и философских представлений проникают в научную биологическую литературу и особенно в область гуманитарных наук, когда говорят о жизни. Это в большей мере не реальные явления, а последствия сложных социальных переживаний.

Проявления человеческого разума и направляемые им геологически важные его результаты, его наука и техника в первую очередь, целиком укладываются в понятие человеческого живого вещества, так определенного, и не тре-

буют для себя никаких дополнительных гипотез, поскольку мы имеем дело с геологическими процессами.

Переход биосферы в ноосферу (см. § 199 и сл.) открывает особую геологическую эру в истории нашей планеты – антропогенную эру [32], названную так А.П. Павловым (1854–1929), восстановившим старую идею Л. Агассица (1807–1873), опиравшегося только на палеонтологические данные и говорившего о «геологической эре человека». Агассиц не признавал эволюционного процесса живого вещества. Не признавал его и Бюффон (1707–1788), тоже выдвигавший эру человека как последнего творения.

Почти одновременно с Павловым, от него независимо, Le Conte в Калифорнии и К. Шухерт в Новой Англии назвали ту же эру “психозойской” [33]. Последнее название, может быть, более точно выражает это явление – *начало ноосферы*, к чему я вернусь в другом месте.

Когда натуралист говорит о *космической жизни*, он может понимать ее только в том же самом смысле, который здесь указан, т.е. делает допущение о существовании живого вещества вне пределов Земли, на других планетах. Пока научно мы идти дальше не можем, кроме указаний на существование жизни в земных планетах. И, с другой стороны, мы видим в нашей социальной среде проявление – стихийное стремление – для некоторых личностей в реальных мечтаниях и действиях вырваться из нашей планеты, проникнуть конкретно на построенных ими аппаратах за пределы Земли, в другие миры Космоса. Это стихийное стремление, надо думать, рано или поздно выльется в фактические результаты.

39. С геохимической точки зрения биосфера прежде всего определяется своим атомным составом. В первом приближении он должен быть выражен элементарным химическим составом, т.е. количественным распределением химических элементов. Но уже сейчас ясно, что мы должны идти глубже и учитывать изотопы, из смесей которых состоят химические элементы, ибо едва ли можно сейчас сомневаться в том, что изотопический состав элементов в живом веществе иной, чем в косной материи (см. § 70).

Практически, однако, мы во всем дальнейшем будем иметь в виду только химические элементы, не касаясь колебаний изотопической смеси, которую каждый из них представляет, так как точных числовых данных пока еще очень мало. Это дело ближайшего будущего.

Причина большого постоянства «природных» *изотопических смесей*, которые отвечают химическим элементам и дают колебания в долях весовых процентов в третьем, может быть, во втором знаке, нам неизвестна. Но едва ли оно вызывается химическими процессами. И самый состав химических элементов как изотопической смеси принимается нами как эмпирический факт, в котором пока неуловимы создающие химические элементы закономерные изотопические процессы. Геологические явления, которыми химики пробовали [34] объяснить этот состав, вроде прохождения всеми элементами в течение большой длительности геологического времени через раствор в морской воде, явно не верны¹.

Только небольшая группа *радиоактивных элементов* может быть сейчас выделена, и с ее изотопами геолог должен считаться наравне с химическими

¹ Те же самые атомные веса и количественно тот же состав изотопов был получен для тех элементов метеоритов, которые были изучены.

элементами. Поэтому, может быть, полезно и для геолога учитывать, что в геологии, в идеале, мы должны считаться не с химическими элементами, а с изотопами.

Но пока для нас достаточно остановиться на химическом составе биосферы из химических элементов, тем более что мы можем в огромном большинстве случаев вычислить из элементарного состава отвечающий ему изотопический состав. Работы последнего года Биогеохимической лаборатории Академии наук, остановленные войной, показали, что в составе метаморфических минералов и горных пород мы, пока только для кислорода, встречаемся с изменением изотопического состава, учитываемого точностью нашего химического анализа. Этот вопрос совершенно не разработан, но ясно, что он может резко изменить наши основные представления [34]. По окончании войны работа эта должна быть восстановлена и, мне кажется, может привести к новым важным представлениям.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Suess E.* Die Entstehung der Alpen. 1875; *Antlitz der Erde.* W., 1885–1909.
2. Историю зарождения и развития биогеохимии см.: *Вернадский В.И.* Биохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 5–8 (от автора); Проблемы биогеохимии. Вып. 1. Значение биогеохимии для познания биосферы. Л., 1934. С. 7.
3. Ссылка отсутствует.
4. Это явление названо мною «всюдность жизни». См.: *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. 1934. С. 175; Проблемы биогеохимии. Л., 1934. Вып. 1. С. 24.
5. *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. Л.; М., 1940. С. 64, 135.
6. *Mayer R.* Die Mechanik der Wärme. 3. Aufl. St., 1895.
7. Криптозойской эрой, т.е. «скрытно-жизненной», я называю, согласно современным американским геологам (К. Шухерту и др.), тот период, который назывался раньше азойской, или археазойской, эрой (т.е. *безжизненной* или *древнежизненной*). В криптозойской эре морфологическая сохранность остатков организмов сходит почти на нет, но существование жизни здесь проявляется в виде органогенных пород, происхождение которых не вызывает ни малейшего сомнения (см.: *Schucher Ch., Dunbar C.* A Textbook of geology. 4th ed. N.Y., 1941. P. 89).
8. *Paterson T.* // *Nature.* 1940. Vol. 146. P. 12–15, 49–52; Nilsson // *Geogr. Ann.* 1940. N 50. P. 1–79; *Paterson T.* // *Carnegie Inst. Publ.* 1939. N 493.
9. *Schuchert Ch., Dunbar C.* Op. cit. Pt II. Historical geology. P. 289–290.
10. *Agassiz L.* Untersuchungen über die Gletscher. 1841.
11. *Кроноткин П.А.* Исследование о ледниковом периоде. СПб., 1876. 717 с. Приложения. 70 с. (Зап. Геогр. о-ва по общей географии; Вып. 7); *Schmidt F.* [Ф. Шмидт]. Untersuchungen über die Erscheinungen der Glaciöformation in Estland und Oesel // *Bull. Acad.* 1865. Vol. 8. P. 339–368.
12. *Ramsay W.* // *Geol. Mag.* 1924. Jan.
13. *Соболев Д.Н.* // Ежегодник по геологии и минералогии России. 1916. Т. 16; Земля и жизнь. Киев, 1926. Ч. I; 1927. Ч. II; 1928. Ч. III.
14. *Павлов А.П.* Геологическая история европейских земель и морей в связи с историей ископаемого человека. М.; Л., 1936; Ледниковые и межледниковые эпохи Европы в связи с историей ископаемого человека. Пг., 1922. 52 с. (Речь на заседании Академии наук).
15. У В.И. нет ссылки. Это соответствует возрасту плиоцена, по Холмсу.
16. *Личков Б.Л.* // *Природа.* 1940. № 9. С. 20.
17. *Личков Б.Л.* Там же. С. 24.
18. *Личков Б.Л.* Там же. С. 27.
19. *Личков Б.Л.* Там же. Изв. АН СССР. Сер. геол. 1941. № 3. С. 6.
20. *Личков Б.Л.* Там же. С. 6.
21. *Личков Б.Л.* Там же. С. 7.
22. *Личков Б.Л.* Там же. С. 10.

23. Личков Б.Л. Там же. С. 12.
24. Личков Б.Л. Там же. С. 13.
25. Личков Б.Л. Там же. С. 15.
26. Личков Б.Л. // Природа. 1940. № 9. С. 29.
27. Белоусов В.В. // Природа. 1941. № 8. С. 19.
28. Вернадский В.И. // Мирознание. 1932. Т. 21, № 5. С. 32.
29. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 126–134.
30. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. М.; Л., 1939. Вып. II. С. 10.
31. Вернадский В.И., см. [29].
32. Павлов А.П. Ледниковые и межледниковые эпохи Европы в связи с историей ископаемого человека. Пг., 1922; Варсанюфьева В.А. А.П. Павлов. М., 1937. С. 203.
33. *Le Conte*. Elements of geology. 5 ed. 1915. P. 629.
34. Вернадский В.И., Виноградов А.П., Тейс Р.В. // Докл. АН СССР. 1941. № 6. С. 574–577.

НЕОДНОРОДНОСТЬ СТРОЕНИЯ БИОСФЕРЫ

Различный состав вещества биосферы в разных местах планеты. Геохоры. Связь их с геоморфологией. Связь геохимии с геологической картой (§ 40–42).

40. Точный химический количественный состав биосферы, выражаемый в весовых или атомных процентах составляющих ее химических элементов, нам неизвестен. Одной из основных задач геохимии является его получение (см. § 105, гл. XIV).

Биосфера – это среда нашей жизни, это та «природа», которая нас окружает, та «природа», о которой мы говорим в разговорном языке. Человек – прежде всего своим дыханием, проявлением всех своих функций – неразрывно связан с этой «природой», хотя бы он жил в городе или в уединенном домике.

«Природа» нашего искусства, поэзии и живописи, нашей социальной жизни явно резко различна в разных местах земной поверхности – Лица Земли. Очевидно отсюда, что и химический состав биосферы в разных местах земной поверхности неодинаков. Для ученого бесспорно, что он различен закономерно. Как мы видели (см. § 33), основные черты теплового и светового режима поверхности биосферы определяются астрономическими условиями и климатом земного шара. Этим определяется и характер на ней живого вещества. Но мы видим кругом себя, что в климатических зонах, астрономически определяемых, в зависимости от бесчисленных окружающих условий, среди которых высота над уровнем моря, близость океана, химический состав почвы и горных пород играют основную роль, характер живого вещества в одной и той же астрономической климатической зоне резко меняется. Это значит, что только в общих основных линиях условия Земли как планеты определяют характер жизни, т.е. материальный, для нас выражаемый химически, характер живого вещества.

Это различие больше всего бросается в глаза человеку в характере окружающего его *ландшафта*. В научную мысль значение ландшафта впервые было введено одним из величайших натуралистов XIX столетия А. Фон Гумбольдтом (1769–1859)¹. Этим немецким словом, приносившим к суше, в буквальном его понимании, по следам Гумбольдта, географ пытается и сейчас обобщить изучаемые им явления. Но, может быть, правильнее, считаясь также с тем, что в биосфере суша с общепланетной точки зрения отходит на второе место и океан – одна из геосфер, на которые распадается биосфера (см. § 80, 81), – резко господствует, вместо чуждого духу русского языка слова «ландшафт» для понятия «поясы ландшафтов» употреблять слово геохора [1], составленного, как все основные научные понятия, из двух эллинских слов: гео – земля и нога – пространство, место, т.е. геохорой я называю “пояс ландшафтов” Л.С. Берга [1]. Можно, таким образом, говорить, что на поверхности нашей планеты, в Лице Земли, в геологической оболочке – в биосфере, в “природе”, в которой живет человек, можно различать различные геохоры, имеющие зональный характер, тесно связанные с климатом, с его поясами, явно химически неодинаковыми.

¹ Гумбольдт имел крупного предшественника – Валленберга.

В действительности геохоры представляют участки твердой биосферы не только поверхностные. Часть геологии, изучающая различие ландшафтов, их зоны (геохоры), их геологическое строение, называется *геоморфологией*, которая в нашем Союзе обращает на себя большое внимание.

Живое вещество, генетически с геохорами связанное, идет много ниже их, вглубь на несколько километров; биогенные (например, известняки) и биокосные (например, нефть) образования идут еще глубже. Они составляют значительную часть массы биосферы. Эти биогенные образования, по-видимому, богаты микроскопической жизнью, совсем неизученной [2]. Они резко сказываются в составе биосферы и отражаются на химическом составе ее живого вещества. Они созданы главным образом биогенными миграциями атомов химических элементов [3]. Изотопы здесь могут геологически резко проявляться.

Это ярко чувствовал один из великих натуралистов первой половины XIX в. Ж.Б.П. де Моннэ–Ламарк (1744–1829), который, преувеличивая значение этого явления, по существу дал яркое представление значения биосферы в истории нашей планеты.

Когда он писал свою «Hydrogeologie» (1802), геология как наука только что выкристаллизовывалась. Сам Ламарк упорно боролся с Лавуазье и с новой химией, которую он ошибочно до своей смерти не признавал и, благодаря этому, сделал быстро непонятными для потомков свои выводы, в общем более верные, чем о них думали. Он ярко и верно указал на значение живого вещества в Лике Земли, в биосфере, на его теснейшую связь с веществом планеты и на его проникновение в глубь планеты. Ламарк первый заговорил и о биологии как особой науке и создал это слово [4], не зная о своих предшественниках.

В таких органогенных породах, как нефти, угли, битумы, весьма вероятно, находится живое бактериальное и грибное живое вещество, идущее в глубь биосферы, поскольку позволяет температура [5]. К сожалению, все соответствующие указания на живые в них организмы требуют проверки, делались мимоходом, попутно или случайно. Одной из очередных научных проблем является выяснение, сохраняются ли хотя бы в латентном состоянии (в виде спор) те организмы, которые дали начало этим породам – углям, нефтям, битумам, которые не создаются, как мы знаем, чисто физико-химическими процессами, и как долго они сохраняются в естественных условиях.

41. Различный в различных частях состав биосферы не случаен, но закономерен, и, переходя от поверхностных геохор к более глубоким частям планеты, мы видим, что он теснейшим образом связан с геологическим характером местности, с ее литологическим составом и, прежде всего, с геологической картой, с чем до сих пор в геохимии не считаются. Связь с геологической картой заставляет обратить на эту проблему серьезное внимание геологов нашей страны, в полевой работе которых прикладное значение геохимии с каждым годом приобретает все большее значение. Ибо состав биосферы, связанный с геологической картой, позволит по-новому и более точно подойти к *правильному использованию и нахождению* химических элементов, т.е. *полезных ископаемых*, с их концентрацией и их рассеянием.

Эти данные не отражены на современной геологической карте. Геологическая карта не охватила явления геохимии и не отразила химический аспект

геологических явлений, т.е. не отвечает настоящим образом работе современного геолога, в которой химия играет не меньшую роль, чем палеонтология. Химический анализ, все более входящий в геологическую практику, не отражается на геологической карте. Между тем геологическая карта в ее геохимическом выявлении может являться с этой поправкой самым могущественным орудием геолога, так как распределение химических элементов так же закономерно, как закономерно в нашей планете в верхней части литосферы, т.е. в биосфере, распределение горных пород и живого вещества и его биокосных остатков. В отличие от живых организмов распределение в биосфере химических элементов, с ними тесно связанное, идет в глубь биосферы и несет в нее химическое отражение жизни биосферы. Мне кажется вполне возможным выразить это на геологической карте и тем дать в руки геологу новое орудие для понимания геологического строения планеты, его законностей.

Биогеохимия не только химическая наука, но и наука геологическая. Уже отсюда следует, что распределение химических элементов должно отражаться в геологической карте.

42. Мы знаем (см. § 41), что химический состав биосферы не является одинаковым на всем Лике Земли, но резко меняется как функция литологического состава и климатических зон (см. § 40) в разных местах биосферы в связи с литологией верхних частей планеты.

По существу в каждой геологической оболочке, каковой является и биосфера, мы имеем свои замкнутые процессы и свой собственный средний химический состав. Средний состав вглубь до границ биосферы для каждой геохоры (см. § 40) иной. И этот разный средний химический состав биосферы должен быть учтен и выражен на геохимической карте биосферы, в основном опирающейся прежде всего на карту литологическую, а не только на геологическую. Я вернусь к рассмотрению этих явлений во второй части этой книги.

Но прежде необходимо остановиться на тех химических данных, какие мы имеем для окружения биосферы, для более глубоких частей планеты. Эти данные мы прежде всего имеем для *земной коры*.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Слово “геохора” пытался ввести в научный язык Л.С. Берг (Ландшафтно-географические зоны СССР. Л., 1930. Ч. 1. С. 9; во 2-е издание этот термин не вошел). Берг различает два понятия: ландшафт в узком смысле, как географический индивидуум, не поддающийся более дробному разделению, и более крупные географические комплексы – *пояса ландшафтов, или зоны ландшафтов*. Наименование «хора» впервые предложено А. Пенком (*Penck A. Neue Geographie // Z. Ges. Erdkunde. V., 1928. S. 41*) для обозначения “самого маленького ландшафта”, “индивидуума” поверхности. Но я, принимая этот термин в варианте, предложенном Л.С. Бергом – “геохора”, употребляю его в широком смысле, т.е. в смысле “пояса ландшафтов”, или “зоны ландшафтов” Берга.

2. *Ушинский Н.* // Азерб. нефт. хоз-во. 1929. № 6, 7, 9; *Гинзбург-Карагичева Т.* // Там же. 1926. № 6/7. С. 33; *Гинзбург-Карагичева Т., Лавренев В.* // Там же. 1927. № 3; *Bastin E., Green F.* // Bull. Amer. Soc. Petrol. Geol. 1930. Vol. 14. P. 153.

3. *Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии. М.; Л., 1939. Вып. 2. С. 8; Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 43.

4. *Lamark J.* Memoire de physique et d'histoire naturelle. P., 1800; Hydrogeologie, 1802.

5. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 164–165; *Исаченко Б.Л.* Сборник к 70-летию со дня рождения В.Л. Комарова. М.; Л., 1939. С. 330.

**ТАБЛИЦА ФИЛЛИПСА–КЛАРКА–ФОХТА
И ЕЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Таблица Филлипса–Кларка–Фохта. Таблица 6 (§43). Необходимость геохимической карты биосферы (§ 44). Земная кора Кларка есть в действительности гранитная геологическая оболочка планеты (§ 45–47). Аналогия ее состава с поверхностным составом небесных светил (§ 48, 49).

43. Ни один ученый не может сомневаться – на этом основании строится вся наука, – что при изучении им природы он встречается не с индивидуальными случайностями, а с научными закономерностями. Солнечная система есть единое закономерное явление. Все в ней закономерно связано, т.е. химический состав биосферы закономерен и должны быть правильности, которые могут быть численно выражены и сравнены с другими геологическими оболочками, с которыми биосфера генетически связана. Мы пока их не знаем. Надо их найти.

В последнее время, особенно в нашей стране, стараясь подойти к количественному точному изучению полезных ископаемых, геолог пытается использовать другое явление, сложным образом логически связанное с биосферой, но химически, по существу, резко от нее отличное. Геологи для получения количественных расчетов при изучении концентрации химических элементов (полезных ископаемых в том числе) пользуются данными для «земной коры» Кларка, его таблицей, которую я буду называть таблицей Филлипса–Кларка–Фохта.

Земная кора Кларка не должна быть смешиваема с земной корой геологов. Ф.У. Кларк (1847–1931) – директор химической лаборатории Федерального геологического комитета в Вашингтоне, крупный химик-минералог – попытался дать средний химический состав земной коры в пределах тех глубин, из которых он на *земной поверхности* в геохорах, пользуясь геологической картой, мог иметь образцы горных пород. Он определил эту глубину в 10 миль, т.е. в 16 км (табл. 6).

Как мы видели раньше, *земная кора геологов* является областью, где жидкое, твердое и газообразное состояние материи резко выражено. Земная кора Кларка охватывает большую часть этой области, и можно думать, что она дает приблизительно средний химический состав коры геолога, так как в составе земной коры Кларка резко преобладают гранитные породы, которые простираются ниже на несколько десятков километров, чем земная кора Кларка и чем земная кора геологов.

Геофизические измерения сейсмических волн позволяют нам сделать заключение, что от нижних границ метаморфических оболочек на глубину 20–25 км, по крайней мере, продолжается гранитная оболочка. А с другой стороны, вычисления показывают, что на глубинах от 50 до 60 км от геохор мы встречаем такие давления, которые делают невозможным существование земной коры геологов, т.е. мы встречаемся здесь с веществом, в котором едва ли может различаться твердое, жидкое и газообразное состояние (см. § 72). В последнее время геологи, говоря об этих областях, правильно говорят о подкорковых явлениях.

Таблица 6

**Кларки земной коры в исторической последовательности
(включая атмо-, гидро- и литосферу до глубины 16 км)**

№	Элемент	Кларк, 1898 г.	В. Вернадский, 1925–1930 гг.	А. Ферсман, 1932–1933 гг.
1	Водород		1,00	1,00
2	Гелий	–	$n \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
3	Литий	–	0,01	0,005
4	Бериллий	–	$n \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
5	Бор	–	0,01	$5 \cdot 10^{-3}$
6	Углерод	–	0,40	0,35
7	Азот	–	0,041	0,04
8	Кислород	46,28	49,66	49,13
9	Фтор	–	0,10	0,08
10	Неон	–	$<10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$
11	Натрий	2,43	2,35	2,40
12	Магний	2,77	2,07	2,35
13	Алюминий	8,14	7,27	7,45
14	Кремний	28,02	25,69	26,00
15	Фосфор	0,10	$n \cdot 10^{-2}$	0,12
16	Сера	–	0,15	0,10
17	Хлор	–	0,20	0,20
18	Аргон	–	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
19	Калий	2,47	2,27	2,35
20	Кальций	3,27	3,20	3,25
21	Скандий	–	$n \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$
22	Титан	0,33	0,60	0,61
23	Ванадий	–	$n \cdot 10^{-2}$	0,02
24	Хром	–	0,02	0,03
25	Марганец	–	0,09	0,10
26	Железо	5,58	4,16	4,20
27	Кобальт	–	$n \cdot 10^{-3}$	0,002
28	Никель	–	0,0 <i>n</i>	0,02
29	Медь	–	0,01	0,01
30	Цинк	–	0,04	0,02
31	Галлий	–	$n \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$
32	Германий	–	$<10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-4}$
33	Мышьяк	–	$n \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$
34	Селен	–	$n \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
35	Бром	–	0,01	0,001
36	Криптон	–	$<10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-8}$
37	Рубидий	–	$5 \cdot 10^3$	0,008
38	Стронций	–	0,02	0,04
39	Иттрий	–	0,001	0,005
40	Цирконий	–	0,03	0,025
41	Ниобий	–	$n \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$
42	Молибден	–	$n \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
43	Мазурий	–	$<10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$
44	Рутений	–	$<10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-6}$
45	Родий	–	$<10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$
46	Палладий	–	$n \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$

Таблица 6 (окончание)

№	Элемент	Кларк, 1898 г.	В. Вернадский, 1925–1930 гг.	А. Ферсман, 1932–1933 гг.
47	Серебро	—	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
48	Кадмий	—	$n \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
49	Индий	—	$n \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$
50	Олово	—	$n \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$
51	Сурьма	—	$n \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
52	Теллур	—	$n \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
53	Иод	—	$n \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$
54	Ксенон	—	$< 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-9}$
55	Цезий	—	$n \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
56	Барий	—	0,008	0,05
57	Лантан	—	$n \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$
58	Церий	—	0,001	$2,9 \cdot 10^{-3}$
59	Празеодимий	—	$n \cdot 10^{-6}$	$4,59 \cdot 10^{-4}$
60	Неодимий	—	$n \cdot 10^{-5}$	$1,75 \cdot 10^{-3}$
61	Иллиний	—	10^{-8}	—
62	Самарий	—	$n \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-4}$
63	Европий	—	$< 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-5}$
64	Гадолиний	—	$< 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$
65	Тербий	—	$< 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$
66	Диспрозий	—	$< 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$
67	Хольмий	—	$< 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$
68	Эрбий	—	$n \cdot 10^{-5}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$
69	Тулий	—	$< 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$
70	Иттербий	—	$< 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-4}$
71	Кассиопей	—	$< 10^{-8}$	$1,75 \cdot 10^{-4}$
57–71	Редкие земли	—	—	0,010
72	Гафний	—	$1 \cdot 10^{-4}$	0,004
73	Тантал	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$
74	Вольфрам	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$
75	Рений	—	$< 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$
76	Осмий	—	$< 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$
77	Иридий	—	$< 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$
78	Платина	—	$n \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
79	Золото	—	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
80	Ртуть	—	$n \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$
81	Таллий	—	$n \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$
82	Свинец	—	0,02	$1,6 \cdot 10^{-3}$
83	Висмут	—	$n \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$
84	Полоний	—	$n \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
85	Алабамий	—	—	—
86	Эрманий (радон)	—	—	—
87	Варгиний	—	—	—
88	Радий	—	$n \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-10}$
89	Актиний	—	—	—
90	Торий	—	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
91	Протоактиний	—	$7 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-11}$
92	Уран	—	$(6 \cdot 10^{-4})$	$4 \cdot 10^{-4}$

Примечание. Взято из книги: Ферсман А.Е. Геохимия. Л.: Госхимтехиздат. 1934. Т. 1. С. 146–149.

Данные Кларка, приведенные к современному уровню знаний, сведены в таблицу, которую в нашей стране, по инициативе А.Е. Ферсмана [1], часто называют таблицей Ф. Кларка, и даже числа ее – *кларками*. Это имеет некоторое удобство, но едва ли это справедливо, и, мне кажется, широкое вхождение слова «кларк» в нашу геохимическую литературу, все увеличивающееся, делает ее менее понятной, а следовательно, и влиятельной – в мировой литературе. Подобные новые термины должны приниматься на международных конгрессах. Учитывая ход истории научной мысли, я во всем дальнейшем изложении буду таблицу Кларка называть таблицей Филлипса–Кларка–Фохта.

Ясно, что Ф. Кларк и Г. Вашингтон, с ним вместе долго работавший, несомненно, завершили и усовершенствовали работу нескольких поколений до них, когда в 1889–1924 гг. они, исходя и опираясь на химический состав массивных пород, всюду очень однообразных, углубили и расширили учет чисел среднего состава земной коры и опубликовали свои сводки для всей планеты.

Начало этой таблицы было положено на 74 года раньше, после вхождения в новую химию представлений о химических элементах и атомах в начале XIX столетия. В 1815 г. английский минералог квакер В. Филлипс (1773–1828) впервые попытался выяснить химический элементарный состав окружающей человека природы, верхней «земной коры». Он сделал это для 10 химических элементов, в общем правильно выяснив количественно в первом приближении порядок их распространенности [2]. После него его числа несколько раз пересматривались, исправлялись, между прочим, и крупными учеными: Г. Де ля Бичем (1796–1855) в Лондоне, Ж. Эли де Бомоном (1798–1874), Г. Добрэ (1814–1896) в Париже и, наконец, систематически были переработаны Ф. Кларком и Г. Вашингтоном в Вашингтоне. Самостоятельную работу здесь вел одновременно И. Фохт (в Тронтгейме, в Норвегии, в 1898–1916 гг.), который впервые распространил эти данные на нетронутые Кларком и Вашингтоном редкие элементы – многие металлы – и поставил задачу охватить *все элементы* [3]. С тех пор эта таблица непрерывно перерабатывается и уточняется. Она стоит наряду с менделеевской таблицей атомных весов – в геологической, астрономической и физико-химической работе. В результате мы имеем таблицу точных дат, где числа выражены в атомных и в весовых процентах.

На значение *атомного* подсчета вещества впервые указал В. Аккройд в Англии, работавший вне научных организаций в 1902 г. [4], но ввел в геохимию молодой тогда А.Е. Ферсман только в 1912 г. [5], не зная о работе Аккройда, о которой напомнил Ф. Астон только в 1922 г. [6].

44. Основное резкое отличие состава земной коры от состава биосферы заключается в том, что *состав земной коры одинаков на всем протяжении суши*, между тем, как видели, что средний химический состав биосферы, исходящий из *геохор* (см. § 40), как атомный, так и весовой, должен быть различен в разных геохорах и находится в тесной связи с горными породами данной местности, т.е. с литологической картой.

Употребление «кларков» для вычисления концентрации и рассеяния химических элементов данной местности в вопросах прикладного характера в очень большом количестве случаев может дать нам неверное понятие. Для практических задач надо исходить не из кларков, а из среднего состава пород биосферы данной местности.

Кларки могут быть с некоторым успехом употребляемы в частных случаях, в области развития гранитных пород и ортогнейсов, например. Но в других случаях, как, например, в огромных частях Союза, в области мощного развития осадочных пород или в областях базальтовых покровов полученные подсчеты должны являться фиктивными.

Ученый никогда не может останавливаться на приближенных решениях, когда точные данные могут быть им получены путем научного исследования, хотя бы ценой большого труда.

Поэтому для получения точных данных о концентрации химических элементов в данной геохоре необходимо создание *геохимической карты биосферы*, количественно выраженной в атомных или в весовых процентах химических элементов. В этой карте химический состав выразится в виде *геохимических кривых* или полос, нанесенных на геологическую или литологическую карту (см. § 42).

45. Но прежде, чем перейти к тому, как можно решить эту задачу для нашей страны, необходимо остановиться на понятии земной коры и на ее химическом выражении.

Что же такое *земная кора* и что дают нам числа таблицы Филлипса–Кларка–Фохта. Какие отношения имеет биосфера к земной коре, а числа этой таблицы к тем числам, которые мы ищем для биосферы?

Земная кора, разно понимаемая в различные эпохи истории геологии и разно ограничиваемая геологами в своих размерах, главным образом в глубинах, исчислялась Кларком от поверхности Земли до глубины в 16 км (10 миль). Мы теперь знаем, что на суше химически отвечающая земной коре Кларка геосфера – гранитная геологическая оболочка (см. § 101) – в действительности идет глубже, может быть местами доходит до 25 км и больше [7]. *Биосфера всецело входит в состав земной коры*. На суше биосфера едва ли простирается глубже 3–4 км, а в океане (гидросфера), который весь проникнут живым веществом и есть биокосное тело, средняя ее глубина достигает 3,8 км [8]. Живые организмы находились в океане до глубины, большей 6 км, а вероятно, идут и еще глубже, так как глубины океана достигают 10 800 м.

Состав океана, как это ясно, резко отличен от состава земной коры Кларка. Он входит в нее по исчислению Кларка в составе 7,08–6,58% [9] по весу. Вес газообразной атмосферы (т.е. тропосферы), выше лежащей и тоже входящей в состав биосферы, составляет в земной коре 0,03% по весу. Очевидно, в составе биосферы, в которую тропосфера и гидросфера (океан) входят всецело, они играют значительно большую роль и составляют и по весу и по количеству атомов значительно большие доли. Средний состав биосферы должен быть резко отличен от среднего состава земной коры, не говоря уже о том, что этот состав различен для разных геохор.

Для суши Кларка, т.е. для одной из геосфер, названной Зюссом литосферой, мы можем точно знать средний химический состав, причем выясняется, что для впадины Тихого океана и, по-видимому, Арктического, литосферы Кларка нет, и там находятся более тяжелые горные породы, чем гранит (см. § 62). Под дном других океанов она есть (см. § 47).

46. Взятая такой, как она есть, таблица Кларка выражает состав *гранитной геологической оболочки*, являющейся закономерной частью структуры

нашей планеты (см. § 61), геологической оболочки, характерной чертой которой является независимость ее от геохора, от места на нашей планете.

Между тем для *биосферы характерно, что под разными геохорами состав ее различен*. Поэтому сравнение с «кларками» не может быть достаточно точных данных для количественного суждения о концентрации или рассеянии химических элементов в биосфере.

Это резко проявляется для той части земной *литосферы* – суши, химический состав которой тщательно изучен на протяжении десятков лет Ф.У. Кларком и шедшими по его пути геохимиками.

Числа элементов для литосферы Кларка не должны были бы резко отличаться в разных местах земной поверхности; отклонения их должны были бы быть тем меньшими, чем над большим количеством образцов, правильно выбранных, шла работа. Какую бы точку на суше мы ни выбрали как исходную, мы, вообще говоря, должны были бы получить один и тот же – средний – результат. Благодаря относительной *мощности земной коры* (как ее понимал Кларк) – *мощности в 16–25 км* – биосфера, т.е. поверхность планеты, должна теряться, сглаживаться в химическом *среднем* составе земной коры, и ее ярко нам видимое химическое территориальное различие не будет отражаться на получаемых нами цифрах.

Средний химический состав литосферы будет мало отличаться, будем ли мы его определять в богатом каменноугольном бассейне, например в Донбассе, в области соляных куполов Эмбы или в области кристаллических пород Украины.

Понятие земной коры (а следовательно, и литосферы) и биосферы принадлежат к разным – логически – геологическим категориям. Понятие «земной коры» введено в науку из космогонических представлений, которые почти всецело господствовали, когда Филлипс (см. § 43) давал свои первые числа. Думали в это время (когда идеи *Systeme du Monde*¹ Лапласа и аналогичные им охватывали научную мысль и одно время многими образованными людьми даже считались научно точными), что наша планета была некогда расплавлена, и считали *земную кору за кору застывания планеты*. Эти представления были еще живы, когда Кларк делал свои исчисления. Но Кларк смотрел глубже, и мне кажется, он является одним из пионеров того течения мысли, которое сейчас только входит в геологию, сейчас охватывает геологическую мысль Американских Соединенных Штатов целиком, – мировую условно, – и которое до сих пор не может настоящим образом пробить рутину советской геологической мысли.

Ф.У. Кларк (1847–1931) – точный химик и минералог, экспериментатор и аналитик, один из той плеяды ученых, которые в XIX в. положили основы точным числам «постоянных» – «констант природы», – был одним из новаторов мысли, на которых прочно стоит вся наука нашего времени, которые в химических природных процессах, в том числе земных и космических, искали проявления *эволюции вещества*.

47. Кларк не исходил из космогонической теории Лапласа или какой-либо другой. Он так же, как Филлипс, хотел точно эмпирически установить химический состав земной коры, той коры, образцы которой мы можем иметь в

¹ Системы мира. – Ред.

руках и можем количественно точно химически их выразить. Он учитывал при этом те твердые породы, которые в твердом виде оказались в биосфере, были вынесены на земную поверхность геологическими процессами, среди которых жил человек.

Он называл «корой» (и пытался определить ее состав) *ту толщу планеты* в глубь от земной поверхности, *откуда можно получить* для химического исследования конкретные *образцы* вещества – горные породы и минералы, иметь их в наших руках в биосфере. Он учитывал при этом ту глубину, на которой в нормальном состоянии должны были лежать, образовываться породы, образцы которых он брал для анализа на поверхности планеты и вблизи ее. Он на основании точного эмпирического анализа фактов пришел к заключению, в то время не противоречившему фактам, что вещество, которое мы встречаем вокруг себя (т.е. в биосфере), отвечает слою в 10 миль (т.е. округленно 16 км) и что осадочные и метаморфические породы составляют 5% его по весу [10].

Господствуют массивные породы, и для территории Соединенных Штатов и Канады состав так определенной земной коры отвечает *составу гранитов*, вернее, *гранодиоритов*. Были сделаны попытки таких же подсчетов для массивных пород других стран для меньших площадей: Финляндии – И. Седергольмом [11] и Украины – Н.И. Безбородько [12], которые привели к близким, но не тождественным результатам (см. § 112).

Эти вычисления подтвердились и геологическими наблюдениями. С одной стороны, геологическое изучение окружающей нас, доступной нам природы – биосферы – всюду, *на всех континентах*, выявило наличие или неизбежное существование гранитов под выходящими на поверхность породами, если мы сделаем логически правильные выводы из нашего знания геологического строения больших участков любой территории суши.

Дело обстоит иначе под океанами. Исследование сейсмических волн позволяет для всех океанов, кроме Тихого (может быть, Арктического) [13], установить наличие под их дном такой же гранитной оболочки. Но под Тихим океаном, исключая его шельф, прибрежные острова (например, Япония и прилегающие моря), гранитная (вернее, гранодиоритная) земная оболочка не проявляется. Она не проявляется ни путем изучения геологического строения, ни геофизическими методами исследования. Изучение сейсмических волн позволяет уточнить это явление. Я вернусь к этому позже (см. § 65). Здесь же только отмечу его.

48. Химический состав коры в этом понимании (включая тропосферу и океан) и без включения таблицы Филлипса–Кларка–Фохта был учтен и использован не только геологами и геохимиками, он был с успехом использован физиками, химиками и астрофизиками в той огромной по научному значению работе, которая характеризует XX век как век *научного атомизма*.

Из их работы выявилось значение эмпирического обобщения, каким является таблица Филлипса–Кларка–Фохта, далеко выходящее за пределы геологии, но не выходящее за пределы Земли как планеты.

Выяснилось, что количественный атомный состав земной коры *не есть случайное явление*. Он теснейшим образом связан с многообразными свойствами атомов в том физическом поле, прежде всего термодинамическом, которому отвечает земная кора. Земная кора в таблице Филлипса–Кларка–

Фохта количественно отвечает какому-то важному *планетному проявлению атомов*.

В результате астрофизических исследований, сейчас переживающих крутой подъем (под влиянием роста научной атомистики), выявилось (из работ, прежде всего, Ресселя и В. Пайн-Гапошкиной [14]), что в поверхностных слоях звезд, Солнца в том числе, мы имеем, приближенно, отражение того же количественного *атомного* состава, который выражен в таблице Филлипса–Кларка–Фохта.

Мы видим в этом неожиданном явлении или проявлении не учитываемых нами физико-химических свойств атомов в условиях космической среды, или, что очень вероятно, это связано с существованием в длении геологического времени, может быть, в длении времени нашей Галактики, материального обмена между поверхностными частями космических тел, в том числе звезд и Солнца, и Землей – мирового процесса, непрерывно идущего миллиарды лет [15].

Такой материальный обмен между Землей и космическими телами существует и проявляется в газовом и пылевом между ними обмене, в падающих звездах, в космической пыли, в характере стратосферы и ионосферы, в метеоритах и тектитах, может быть, в зодиакальном свете (см. § 37). Это важное явление так мало изучено, что, считаясь с ним и не забывая его, мы пока дальше идти не можем и здесь только его отметим.

Обычно эти явления объясняют общим происхождением вещества Космоса, но для Земли это сходство выявляется в гранитной оболочке, которая вовсе не отвечает составу планеты, а отвечает поверхностной пленке – биосфере (см. § 61). Астрономы считают невозможным отход газовых частиц небесных тел, скорость движения которых меньше скорости отлета (см. § 2). Мы знаем, что при этих условиях количество гелия на нашей земле было гораздо больше, чем мы его наблюдаем. И.Г. Спенсер-Джонс объясняет это явление тем, что легкие газы, например гелий или водород, сталкиваясь с тяжелыми атомами кислорода O_2 , получают скорость, превышающую скорость отлета и вследствие этого могут уходить, хотя их молекулярная скорость меньше скорости отлета для Земли.

Мне кажется, в этом вопросе, как и во всех других, касающихся планет, одно тяготение не может объяснить сходства наружных частей, и, например, отход пылевых частиц может идти вопреки скорости отлета, так как мы имеем здесь движение иного характера, и пыль в стратосфере, где наблюдаются сильные ветры, может уходить в космическое пространство.

49. *Ясно из предыдущего, что земная кора Кларка, взятая в химическом элементарном аспекте, является, по существу, явлением логически другого, большего порядка, чем биосфера.*

Земная кора, взятая в целом, гранодиоритовая оболочка, ей химически в среднем отвечающая, генетически с биосферой связана, но связана сложно (см. § 50). Совершенно ясно, что то реальное значение, которое получила таблица Филлипса–Кларка–Фохта в науке, не только в астрофизике, но и в учении об атомах (на что указали химики и на чем я здесь не останавливаюсь), не может отвечать коре застывания расплавленной некогда планеты, которую создала математически выраженная космогоническая научная фантазия, а не научное эмпирическое обобщение. Она должна отвечать реальному

природному явлению, проявляющемуся в нашей планете, свойственному не только одному нашему небесному телу, геологически длительному.

Прежде чем попытаться построить для объяснения этого рабочую научную гипотезу, которая могла бы быть проверена в дальнейшем ходе научного знания, необходимо учесть характер совпадения химического состава поверхностных частей небесных светил и химического состава земной коры Филлипса–Кларка–Фохта [16]. Это не есть количественно точное сходство состава химических элементов, но *это есть совпадение порядков их распространенности*, причем это совпадение порядков касается не всех элементов, а огромного их большинства.

В атомных и весовых процентах выступают на первое место разные элементы. Само собой ясно, что совпадение атомных процентов является в этом случае реальным фактом, тогда как в весовых данных сказывается масштаб нашей планеты, ничтожной пылинки мироздания [1]. Таким образом, сходство касается только атомных процентов.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Ферсман А.Е. Химические элементы Земли и Космоса. Пг., 1923.
2. Phillips W. An elementary introduction to the knowledge of minerals. 2nd ed. L., 1819 (первое издание в 1816 г.); Outlines of geology and mineralogy. 4th ed. L., 1826. P. 40 (первое издание в 1815 г.).
3. Vogt J. // Z. Pract. Geol. 1898. S. 271, 420; 1899. S. 10, 274; 1901. S. 327; 1906. S. 217, а также: Norsk. Vid. Acad. Oslo: Skrifter M.N. Kl., 1931. N 7. P. 1–48.
4. Ackroyd W. // Chem. News. 1902. Vol. 86. P. 187.
5. Ферсман А.Е. Новые пути минералогии // Русская мысль. 1912. Кн. 2. С. 33. На с. 39 таблица распространения 50 элементов в земной коре (в % числа атомов); Изв. Акад. наук. 1912. С. 367. В 1912 г. А.Е. Ферсман впервые в России читал эпизодический курс геохимии в Московском народном университете.
6. Aston F.
7. См. новейшую сводку и литературу: Gutenberg B. Internal constitution of the Earth. N.Y.; L., 1939.
8. Kossina E. Die Tiefen des Weltmeeres und die mittlere Hohe d. Continente // Z. Ges. Erdkunde. 1931. N 9/10.
9. Clarke F.W. Data of geochemistry. 5th ed. W., 1924. P. 22. Кларк дает две цифры для соотношения по весу воды и суши в литосфере: если считать средний удельный вес горных пород 2,5, то вода будет составлять 7,08%; при удельном весе горных пород 2,7 вода будет составлять 6,58%.
10. Clarke F.W. Ibid. P. 34.
11. Sederholm J. Average composition of the Earth's crust in Finland // Bull. Commiss. geol. Finl., 1925. N 70. P. 1–20.
12. Безбородько Н. Петрогенезис і петрогенетична карта кристалічної смуги Украш! Кшв, 1935.
13. Littlechales G. Phys. Earth. Vol. 5. P. 30; Тр. дрейфующей станции “Северный полюс”. 1940. Т. 1. Указывается, что на больших глубинах Полярного бассейна (наибольшая глубина 4395 м) грунт состоял из красновато-коричневого ила.
14. Russel H. // Nature. 1941. Vol. 148. P. 649; Payne-Gaposchkin C. Dimensions and masses of Wolf-Rayet stars // Nature. 1941. Vol. 148. P. 788.
15. Такой взгляд высказывал С. Арпениус (Das Werden der Welten. 1907).
16. Ферсман А.Е. Геохимия. Л., 1933. Т. 1. С. 200–201.

**ЗЕМНАЯ КОРА – ОБЛАСТЬ БЫЛЫХ БИОСФЕР,
ПОВЕРХНОСТЬ СОВРЕМЕННОЙ БИОСФЕРЫ НА СУШЕ**

Земная кора Филлипса–Кларка–Фохта – гранитная оболочка планеты – по своему веществу отвечает метаморфизованному, мигматизованному и переплавленному веществу геологически былых биосфер (§ 50). Кора выветривания. Автигенные минералы (§51). Терригенные породы (§ 52). Биосфера – непрерывно подвижная в течение геологического времени водная оболочка (§§ 53, 54).

50. Оставляя в стороне сходство с небесными светилами, перейдем к земной коре Кларка как к планетной оболочке. Для объяснения ее состава как рабочую научную гипотезу я выдвигаю представление о том, что таблица Филлипса–Кларка–Фохта, говоря о земной коре, *дает нам средний состав былых, измененных метаморфизованных и мигматизованных и переплавленных в ходе геологического времени биосфер, выражает химическое проявление наружной поверхности нашей планеты в ходе геологического времени*, ее континентов, начиная с их геохор. Мы увидим в дальнейшем, что в «земную кору», состав которой определен таблицей (см. табл. 6), входит несколько геологических оболочек (см. § 95): биосфера, стратисфера, верхняя и нижняя метаморфические и гранитная оболочка. Все они когда-то в длении геологического времени частью находились на земной поверхности, были биосферами, на самой поверхности проявлялись как геохоры или океанические илы (для Тихого океана – илы его шельфов). Это геологически подвижная область планеты, в которой сложным путем поверхностное вещество планеты вертикально перемещается в течение геологического времени непрерывно по направлению от центра и к центру Земли. Все они генетически между собой связаны, взятые в целом представляют одно явление. Это явление, с точки зрения планетной, поверхностное, захватывает небольшую часть земного радиуса, верхнюю часть астеносферы (см. § 88).

51. На земной поверхности, на суше в области геохор, мы имеем развитие *живого вещества* в виде тонкого слоя, подвижного и изменяющегося, огромная геологическая роль которого только сейчас начинается выявляться, и геологами нашей страны, к сожалению, мало учитывается.

Под почвами и под подпочвами в биосфере лежат горные породы, которые резко различаются по своему генезису в разных участках биосферы.

Нередко верхнюю покрывку суши, в которую входят почвы, подпочвы, живое вещество и верхние части подстилающих пород, называют *корой выветривания*. Это понятие удобно сохранить, так как эта область явлений механически и физически резко отграничивается от лежащих ниже ее «свежих» нетронутых горных пород и обладает рыхлой или легко проницаемой для воды и газов консистенцией. Она проникнута газами – почвенной и подземной тропосферами – резко отличными по химическому составу от наземной тропосферы (см. § 148, ч. II). В ней азот, угольная кислота и вода играют основную роль, кислород отходит на второй план. Эта подземная газовая атмосфера, часто богатая газами органического происхождения и нередко радиоактивными, создает газовую среду, совершенно отличную от обычной тропосферы – обычного воздуха – и различную в разных геохорах.

Несомненно, но, к сожалению, количественно не учтено, что в атмосфере коры выветривания в ее действенном, а не в ископаемом состоянии, резко увеличивается количество паров воды [1] и угольной кислоты и уменьшается количество кислорода и азота. Все эти четыре газа здесь находятся в количественных отношениях одного порядка – в десятках процентов.

Но с глубиной кислород быстро исчезает, входит в соединение вещества коры выветривания как главный агент выветривания. Удобно называть нижнюю границу свободного кислорода – O_2 – *кислородной поверхностью* [2]. Ниже ее резко меняется живое вещество. В коре выветривания геологически быстро, в течение даже исторического времени [3], главные минералы горных пород, силикаты и алюмосиликаты особенно, переходят в определенные новые образования, в частности, часто в каолиновые глины.

В верхних частях коры выветривания соединения двухвалентного железа переходят в соединения трехвалентного, ниже кислородной поверхности сохраняются двухвалентные разности.

Местами потеря кислорода идет еще глубже, вплоть до образования самородного железа [4]. Вследствие этого окраска коры выветривания резко меняется. Каолиновые глины – свободные алюмо(ферри)кремневые кислоты как бы заменяют свободную угольную кислоту, царящую на поверхности геохор.

Мы должны учитывать еще один источник свободной углекислоты, которая получается в коре выветривания. Гранитные породы очень часто, а может быть всегда, заключают в порах кварцев (и других минералов?) жидкую и газообразную угольную кислоту, которая при выветривании выделяется в газообразном состоянии, увеличивая кислотный характер поверхности геохор. Явление это не вызывает сомнений, но недостаточно изучено.

Атмосферные осадки – дожди, снега и подземные росы – относительно легко проникают кору выветривания и вызывают в ней новые химические явления. Здесь идет химическое новообразование, наиболее резко выраженное в осадочных породах или в рыхлых песчаных массах, которые указывают на существование здесь растворов, действие которых проявляется в ходе геологического времени.

Оно заключается в том, что окатанные песчаники или осколки микроскопических кристаллов дорастают до более или менее хорошо образованных многогранников. Этот идущий на всей поверхности планеты процесс, до сих пор еще недостаточно охваченный обобщающей научной мыслью, дает нам понятие о тех водных растворах, которые здесь проявляются. Здесь идут процессы, химия которых далеко нам не ясна. Ясно, что здесь действуют кремневые, алюмо-борнокремневые растворы, реже сульфиды.

Минералы этого характера иногда называют *автигенными минералами*. Процесс идет, вероятно, при обыкновенном давлении и температуре. Нельзя не обратить внимание, что здесь дорастают до цельных кристаллов каолиновые алюмосиликаты, например полевые шпаты, гранаты, слюды, цеолиты, турмалины, ядро которых образуется с поглощением тепла. Вероятно, эти процессы идут в капиллярных пространствах.

Понять эти явления мы едва ли можем, не допустив участия энергии в форме частичных сил, или электрокапиллярных явлений Беккереля. Это область явлений, заслуживающих большого внимания. П.А. Преображенский [5] правильно относит сюда же некоторые восстановительные процессы,

в том числе образование самородного железа, которое связано с бескислородным характером этих вод.

Под водоемами и всюду в других местах под влиянием проникновения гидрометеоров образуются временно или постоянно насыщенные водой области, особенно развитые во влажных тропических и подтропических странах. Эти области являются концентрациями жизни.

Микроскопически малое живое вещество в не меньших количествах сосредоточено в почвах и в подпочвах, в коре выветривания и составляет заметную долю их по весу. Местами оно идет и глубже в стратисферу. *Проникающие космические излучения*, которые проникают гораздо глубже, чем солнечные лучи, даже инфракрасные, захватывают все вещество коры выветривания и все ее организмы без исключения.

По своему действию они нам сейчас совсем неизвестны. Они должны играть большую роль в коре выветривания, о которой мы сейчас не имеем никакого понятия и только начинаем обращать на это внимание. Геохимическое их значение указано во II главе (см. § 21). Кора выветривания может быть всецело ими охвачена.

Кора выветривания, ныне активная – определенное биокосное тело – иногда, в отдельных геохорах, может быть прослежена на сотни метров вглубь, особенно в поясах тропическом и подтропическом во влажном климате. К полюсам, в областях, покрытых снегом и льдами и в областях вечной мерзлоты, занимающих, как известно, огромные участки суши, обычные химические и биохимические процессы ослаблены. Но здесь мы должны считаться, с химической и действительно энергетической точки зрения, со своеобразным положением угольной кислоты, находящейся в области своей концентрации и одновременно в области своей критической температуры. Допустим переход ее в жидкое состояние; явление это, которое должно производить значительные геологические эффекты, совершенно оставлено без внимания, но реально оно должно быть.

На плотных выходах горных пород, в частности в области лавовых потоков, базальтических покровов, выходов на поверхность массивных пород, как батолитов, или пород осадочных, плотных известняков или кварцитов, например, кора выветривания сходит на нет, на немногие сантиметры и даже миллиметры. Но химические, биохимические и механические процессы, идущие в этих ничтожных по толщине пленках в порядке исторического времени, сказываются в течение геологического времени как мощные геологические явления.

Массивные породы попадают в эту область двумя резко различными процессами. С одной стороны – эрозиями и денудационными процессами вообще, с другой стороны – вертикальными и другими более сложными смещениями, тектоническими и орогенетическими. В их верхних частях под влиянием физических (и биохимических) факторов идет *механическое выветривание* – разрушение плотных горных пород, под влиянием резких перепадов температуры, мороза, солнечного нагревания днем и охлаждения ночью, лучеиспускания. Так идет превращение плотных горных пород в осыпи и дресву, в своеобразную форму коры выветривания.

Установленная окончательно как особое геологическое явление Ж.Ж. Эбельманом (1814–1854) в сороковых-пятидесятых годах прошлого столетия [6],

кора выветривания только в последние годы начинает входить в геологическую мысль, когда встретились с ее проявлениями в прошлых геологических периодах и обратили на это внимание. К сожалению, часто забывают, что кора выветривания в химических процессах теснейшим образом связана с живым веществом, была биокосным телом, когда она создавалась и находилась в соприкосновении с тропосферой или когда она вновь, в геологической истории, приближается к земной поверхности. К сожалению, эта область химической геологии запущена.

52. Кора выветривания есть одно из терригенных образований, терригенных пород, значение которых нам становится все более и более ясным и в ближайшем будущем будет, я думаю, поставлено на свое место. В этой области обращает на себя внимание работа проф. Б.Л. Личкова, который впервые отметил аналогичные геосинклиналям образования в пределах суши, в области аллювиальных равнин, и впервые выяснил их геологическое значение [7]. В последнее время он подошел и развил идеи, связанные с литологическим значением почв (и подпочв), которые мне представляются правильными и которые ярко проявляются в лёссах и лёссовидных породах. Роль и значение не морских, терригенных образований в стратифере в строении наших континентов не обращало на себя достаточно внимания и не учитывалось в достаточной мере в выводах геологов. В значительной мере это связано с тем, что особенности минералов осадочных пород не были достаточно изучены и вследствие этого описание терригенных пород не было достаточно точно. Оно остается и до сих пор таким, так как петрография осадочных пород как в нашей стране, так и в мировой литературе недостаточно принимает во внимание отсутствие точного исследования своей базы, тех минералов, которые составляют ее основу; большинство их до сих пор не описано и не точно установлено.

Методика их исследования еще не разработана в нужной мере, и это недостаточно сознается исследователями. Здесь так же, как и в образовании почв и подпочв и коры выветривания, играют большую роль мезоморфные формы, которые обычно являются микроскопическими, в отличие от горных пород более глубоких оболочек, где такие формы отсутствуют. В последнее время в работах наших петрографов и почвоведов [8] описаны как кристаллические новообразования минералов в этой области, которые являются мезоморфными, а не кристаллическими телами, вследствие чего все выводы их требуют осторожного отношения и пересмотра.

53. Уже в коре выветривания мы встречаемся в резкой форме с литологической неоднородностью той земной оболочки, какой является биосфера и которая ясно проявляется глубже в твердой ее части – на суше.

Сверху суша ограничивается тропосферой и граница ее выражается ее *рельефом* – геохорами, в котором в горообразованиях она достигает высшей точки Гауризанкара – 8884 м, от уровня моря. А с другой стороны, во впадинах суши она лежит ничтожной своей частью ниже уровня океана на глубине в максимальных случаях около 1000 м (дно Байкальского озера) и 792 м (дно Мертвого моря в Палестине) [9].

Таким образом, общий вертикальный размах уровня суши достигает почти 9900 м.

Дно океана выражает то же самое явление и, с одной стороны, углубляется в предельном случае до 10 800 м (в районе Филиппинских островов к северу от о-ва Минданао), а с другой стороны, поднимается в океанических островах на высоту 4203 м (Мауна-Кеа на Гавайских островах).

Однако отдельные острова, которые географами правильно называются океаническими и которые не связаны с континентами в своей геологической истории, теряются в просторе океана. Коралловые острова, созданные живым веществом, и вулканические острова могут считаться *геологически эфемерными явлениями*, не нарушающими общего явления господства океана над сушей.

За верхнюю границу гидросферы (см. гл. XVIII, ч. II) мы можем принимать поэтому средний уровень океана, т.е. уровень геоида.

Неоднородность биосферы в геологическом времени генетически проявляется в том, что субстрат биосферы подвижен в геологическом времени. Он состоит из горных пород, которые нередко перемещаются в огромных сплошных массах, глыбах, или раздробляются в тонкие обломки.

Биосфера принадлежит, таким образом, к тем земным оболочкам, которые находятся геологически в непрерывном движении. Эти движения, чрезвычайно разнообразного характера, в настоящее время геологами подразделяются на разные формы: на сдвиги, шарьяжи, сбросы и сводовые поднятия, нормальные тангенциальные складки, передвижения целых континентов в горизонтальном направлении (едва ли реальные?) трансгрессии морей и т.п. В этих геологических представлениях точное научное наблюдение теснейшим образом связано с научными гипотезами, экстраполяциями и допущениями. Научная фантазия, последнее время у нас философские искания играют значительную роль; создаются геологические построения быстро сменяющихся представлений, некоторые из них оказываются эфемерными. Трудно отличить здесь сейчас, насколько мы имеем дело со схемами, а насколько с научными обобщениями.

54. Основным признаком *биосферы* является участие во всех ее процессах живого вещества. Отсюда следует, что субстрат, на котором живое вещество живет, может принадлежать, в сущности, к различным геологическим оболочкам, но от них оторван и, попав в новые условия, должен поэтому считаться веществом биосферы, а не той геологической оболочки, к которой он принадлежал раньше. Это явление наблюдается в биосфере, по крайней мере, для четырех ниже ее лежащих геологических оболочек (см. гл. XIII): стратисферы, верхней и нижней метаморфических оболочек и гранитной оболочки (см. § 99–101).

Если базальтовые поля (в том числе сибирские траппы), занимающие такие огромные пространства суши и выделяющиеся не из вулканических конусов, а из вулканических трещин, являются выходящими из областей планеты, лежащих ниже гранитной оболочки, то возможно, что жизнь захватывает в отдельных участках и проявления «тяжелой подгранитной оболочки», ее верхов, по крайней мере. Но эта подгранитная оболочка не может по своему химическому составу отвечать той ее части, которая лежит в глубине под гранитной оболочкой, так как при выходе на земную поверхность магма должна была на своем длинном пути резорбировать большое количество вещества гранитной оболочки.

Как мы видим, в биосфере проявляются осколки всех этих геосфер, и нередко в форме глыб огромного протяжения. Они после вхождения в биосферу изменяются, как и все вещество биосферы, живым веществом, влияние которого резко понижается к нижней границе биосферы и достигает максимума на ее поверхности в геохорах.

Но, помимо роли *живого вещества*, в биосфере резко сказываются явления и проявления воды. В другой работе [10] я более подробно остановился на этом явлении и указал, что биосфера есть область планеты, в которой вода играет первостепенную роль, и эта область может быть рассматривается как *водная оболочка планеты, как единое водное земное равновесие* (см. гл. XVIII, ч. II).

Для живого вещества химически и физически связанная вода, явно не теряющая своих свойств, в каждом организме ярко проявляется как таковая. В живых организмах количество ее, за исключением инертных семян и спор, колеблется между 60 и 99,7% по весу. Эта связь организма с водой не может не учитываться. Правильно выразил это явление крупный французский биолог Р. Дюбуа (1860) в словах, что живой организм есть “*eau animée*”¹. Можно теперь сказать, мне кажется, что справедлива поговорка старых натуралистов, например, того же Ламарка (см. § 40), что “где вода, там и жизнь”. Вода быстро химическими процессами, в ней происходящими, вновь сплавливает расколотые твердые части нижних геосфер. По-видимому, предел жизни в биосфере, в ее глубинах, кладет высокая температура (см. § 59) и переход воды в горячие пары. Вероятно, подземные воды, когда они будут изучаться более точно, окажутся биокосными телами, проникнутыми живым веществом. *Это представление сейчас еще не вошло в сознание натуралистов и может быть сейчас принимаемо как вероятная научная гипотеза, требующая проверки* [11].

Осадочные, метаморфические и гранитные породы оказываются в биосфере на одном и том же уровне от центра планеты. Эта область планеты находится в непрерывном движении: горные породы опускаются и поднимаются, изгибаются; границы морей и суши меняются, наблюдаются отходы и трансгрессии моря. Таким образом, уровень горных пород в биосфере от центра планеты не может отвечать теоретическим построениям: стратисфера, глубже ее лежащие верхняя и нижняя метаморфические оболочки и еще более глубокая гранитная оболочка в биосфере могут быть на одном и том же уровне, совершенно отрезанные от относительно геологически не затронутых *глубинных частей этих оболочек* (см. § 95 и сл., гл. XIII).

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Вернадский В. История природных вод. Л., 1933. Ч. 1, вып. 1. С. 25, 30.
2. Вернадский В. Опыт описательной минералогии. Т. 1. Самородные элементы. Вып. 4. СПб., 1912. С. 624; История минералов земной коры. 1927. Т. 1, вып. 2. С. 223, 224.
3. Вернадский В. Биогеохимическая роль алюминия и кремния в почвах // Докл. АН СССР. 1948. Т. 21, № 3. С. 127.
4. Преображенский П. // Тр. Ин-та геол. наук. Сер. 13. 1940. Вып. 40. С. 42.
5. Преображенский П. Там же. С. 41–42.

¹ Одушевленная вода.

6. *Ebelmen J.* Sur la décomposition des roches // *Ann. miner. Ser. 4.* 1847. Vol. XII.
7. *Личков Б.Л.* Современный литогенез на материковых равнинах // *Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз.* 1945. Т. 9, № 5/6. С. 547–564.
8. *Пустовалов Л.В.* Петрография осадочных пород. 1941. Т. I, II; *Седлецкий И.Д.* Минералогический состав глин и их генезис // *Сов. геология.* 1940. № 8; Классификация минералов коры выветривания // *Сов. геология.* 1941. № 3. С. 23 и др.
9. *Павловский Е.В.* // *Природа.* 1941. № 3. С. 31.
10. *Вернадский В.* История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод. Ч. 1, вып. 1. Л., 1933. С. 64–81.
11. *Исаченко Б.Л.* Сборник к 70-летию со дня рождения В.Л. Комарова. М.; Л., 1939. С. 330.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МАТЕРИКОВ

Геология материков – недостаточный, но основной источник геологии Земли. Историческая роль Э. Зюсса в выявлении геологии континентов (§ 55–56). Стратисфера (§ 57). Мозаичное строение субстрата биосферы (§ 58). Нижняя граница биосферы (§ 59). Метаморфизм, повышение температуры, значение давления (всемирное тяготение) и газовых растворов (§ 60).

55. Явления «подвижной земли» (см. § 93), причина орогенических и тектонических перемещений сейчас больше всего захватывает мысль и усилия геологов. В геологической работе геолог встречается с этими явлениями на каждом шагу, но до сих пор он их изучает, *не выходя из области биосферы*. Он должен это учитывать.

Все его выводы вследствие этого основаны на наблюдении верхушки явления, можно считать – первых 3–4 км суши от уровня геоида. Он достигает результатов только благодаря тому, что за последние 50–60 лет он получил возможность сравнивать огромные пространства биосферы в настоящую минуту, всю сушу, держа ее всю в своем уме как геологическое целое. Мы знаем, что суша составляет 29,2% поверхности планеты, а 70,8% ее поверхности занято морями и океанами. Геологическое строение дна океанов, т.е. большей части планеты, нам недостаточно известно, и до сих пор в значительной части является для нас загадкой.

Бывает, что это строение, например, в Тихом океане, по существу иное, чем то, с которым мы встречаемся на суше (см. § 62–64).

56. Все наши точные геологические представления неизбежно основываются на суше. Ясна отсюда маломощность нашей основной геологической базы, о которой мы обычно забываем.

Мне пришлось сознательно пережить почти весь этот новый период в истории геологии, который мы сейчас еще переживаем, когда мы можем говорить о геологии всей планеты, в сущности *о геологии всех материков*. Когда я кончал Петербургский университет, только что вышел первый выпуск книги Зюсса «Лик Земли» (*Antlitz der Erde*) в 1885 г.

На нашем университетском преподавании новое понимание тогда еще не отразилось. Но оно началось раньше, как мы видим это теперь. На этот путь первыми вступили американские и английские геологи, которым впервые пришлось изучать геологию огромных территорий, принадлежащих к одному государству, делать выводы из относящихся к одной и той же территории эмпирических данных, переработанных одним и тем же человеком. В 1878 г. на Первом Международном геологическом конгрессе в Париже был поднят вопрос о единой международной геологической карте проф. Капеллини. Среди американцев и англичан, работавших в Канаде, нельзя забыть Д.Д. Дана в Нью-Хейвене (1813–1895), может быть Д. Леконта (1823–1901) в Калифорнии, Логана (1798–1875) в Канаде [1]. Но в XIX в. геологи Америки в мировом научном понимании не имели того авторитета, который они быстро получили в нашем столетии, и могли мало влиять на европейскую мысль, которая являлась тогда ведущей в геологии. Люди моего поколения всецело воспитывались на геологии Западной Европы (главным образом, Великобритании, Франции, Италии, в которых лежали классические места, на геологи-

ческом строении которых создавалась геология) и на геологии своей страны. Изменение произошло в конце прошлого века, когда венский геолог Э. Зюсс (1831–1914), крупный европейский геолог, дал синтез геологии всей суши, использовал весь материал внеевропейских стран и поставил небольшую в мировом масштабе Западную Европу на ее место. Благодаря В.А. Обручеву и знанию русского языка он мог использовать для Азии большой опубликованный на русском языке и частью не опубликованный материал – работу русских геологов¹ [2].

Трудно переоценить значение этого синтеза. Вызванное им движение научной мысли быстро охватило всю сушу как единое геологическое целое. После Зюсса, который охватил все континенты как единое целое и поставил новые проблемы, геологи быстро и часто почти незаметно изменили характер своей работы, перешли государственные рамки. В Азии это были работы русских геологов, особенно перед первой империалистической войной и в советское время, а также немцев, англичан, французов, голландцев, а в последнее время китайцев, японцев и индусов. В Африке геология континента в общих чертах выяснилась благодаря работам французов, англичан, отчасти бельгийцев и немцев, в Австралии – англичан. Можно сказать, что сейчас основная работа сделана, и мы можем говорить о *геологии континентов*. Но все же, пока не будет серьезно геологически охвачен Океан, *геология материков*, даже учитывая *геологию шельфов*, материки обтекающих, дает для наших геологических научных заключений только меньше, чем треть поверхности планеты. Геолог должен обратить свое внимание на Океан, особенно на Тихий, во многом представляющий геологическую загадку (см. § 62–64).

57. Сложность строения биосферы и, в частности, коры выветривания увеличивается еще тем, что граница между водной земной оболочкой (океаном) и сушей постоянно непрерывно меняется заметно уже в историческом времени, а в геологическом ходе времени это сказывается в создании *стратисферы* [3]. Состояние наших знаний о стратисфере в настоящий момент явно недостаточно и связано с состоянием геологических представлений прошлого. История геологической карты суши приводит нас к двум заключениям: во-первых, к тому, что на суше нет, кажется, ни одной точки, которая в течение геологического времени не была дном моря, часто даже не раз. И, во-вторых, что среди морских осадков, строящих сушу, нет отложений, отвечающих глубоким осадкам Тихого океана (красным илам), причем долго было неясно, есть ли это свойство только Тихого океана или это есть свойство глубинных частей всех океанов. Только в последнее время первое представление стало господствовать среди геологов. По-видимому, строение дна Индийского², Атлантического и Антарктического океанов даст нам геологическую картину, которая принципиально не будет отличима от той, которую мы изучаем на суше.

Возможно, что для глубинных частей Арктического океана, о которых, до последних исследований, главным образом наших океанографов, не знали, мы встретимся с теми же явлениями, что и в Тихом океане, но пока скольконибудь ясных данных для этого нет. Позволяет это предполагать развитие

¹ Я имел по этому вопросу в начале 90-х годов личный разговор с Э. Зюссом в Вене.

² Выяснить вопрос о базальтовых полях.

траппов и вулканов с основными породами в этом районе (Сибирские траппы, Исландия, Ирландия; см. § 45).

58. Части нижних геологических оболочек, стратисферы, метаморфических, гранитной, возможно, даже местами подгранитной (см. § 102), которые входят в биосферу, должны быть исключены из них и составляют вещество биосферы. В значительной своей части они разломаны на отдельные глыбы и смещены вертикальными, иногда сложными движениями. Эти явления резко сказываются в структуре биосферы, охватив подавляющую часть ее твердого вещества.

Стратисфера, метаморфические и гранитная оболочки, благодаря этому, не являются сплошными, облегающими материка. Строение пород материка соответствует мозаике. Особенно это имеет место по отношению к *верхней* стратисфере, так названной Э. Зюссом [4].

Уже взгляд на геологическую карту ясно на это нам указывает. Так, например, по Шухерту [5], на территории Северной Америки осадочные породы (стратисфера в собственном смысле) едва занимают треть поверхности. Остальная часть покрыта вулканическими, массивными, метаморфическими породами и ледниковыми образованиями. Толщина осадочных пород не превышает одного километра на половине этого континента. Но самые толстые слои покрывают лишь одну восьмую его поверхности.

Стратисфера – оболочка осадочных пород – в значительной мере явно *био-генного происхождения* и находится очень часто, может быть всегда, в верхней своей части в области подземного, живого вещества (частью в форме латентной жизни), т.е. в биосфере. Но в ней же мы встречаемся с передвинутыми геологическими процессами, приведшими их на тот же уровень, что и породы стратисферы, более глубокими породами метаморфической оболочки, первоначально ниже стратисферы лежавшими, в которые она стихийно переходит (см. § 59–60): кристаллическими сланцами, гнейсами, кварцитами, мраморами и т.д. В биосферу теми же процессами входят этим путем и породы еще более глубоких земных оболочек – гранитной оболочки, в строении которой исчезли всякие следы участия живого вещества в их образовании, что еще может наблюдаться для многих пород метаморфических оболочек. Все эти чуждые обычным условиям существования живого вещества твердые геологические образования, выдвинутые геологическими процессами на земную поверхность или в нижние части биосферы, вновь подвергаются влиянию живого вещества, и их атомы вновь входят в биогенную миграцию химических элементов [6]. Такое строение вещества биосферы дает красочное представление о тех силах, их масштабе и масштабе вызываемого ими передвижения земных глыб, которое наблюдается в подвижной области планеты, астеносфере, и которое заканчивается биосферой (см. § 93, гл. XII). Масштаб колебаний отвечает нескольким десяткам километров (не по вертикали). Нет никакого сомнения, что эти процессы непрерывно происходят, мы их переживаем, но не замечаем. Они уже научно ясно сказываются в историческое время, иногда даже могут быть количественно выявлены в годах. Но как все геологические процессы они резко проявляются только в длении ряда людских поколений.

59. Неизбежно существует нижняя граница биосферы в области, в которой по условиям температуры, химической активности и физического состояния вещества явления жизни иметь место не могут.

Три явления, неизбежно с углублением внутрь планеты проявляющиеся, это вызывают: 1) повышение температуры по направлению к центру планеты, *геотермическая ступень* которого в разных местах на одном и том же уровне резко различна в зависимости прежде всего от характера горных пород. Как мы увидим (см. § 71), это повышение на некоторой глубине прекращается и дальше идет понижение, но это наблюдается ниже биосферы. Эти геотермические исследования, к сожалению, в нашей стране чрезвычайно отстали от того уровня, на котором они находятся в Западной Европе и в США. Систематическая постановка их изучения имеет для геологии и для государственных практических задач в нашем социалистическом государстве первостепенное значение. Начатые еще при царском режиме, где по инициативе проф. Л.Я. Ячевского (под конец жизни профессор в Горном институте в Екатеринославле) центром работы было в течение нескольких лет Географическое общество в Петербурге, где существовала геотермическая комиссия. Все попытки восстановить и расширить эту необходимую работу в нашем Союзе в Академии наук СССР были до сих пор неудачны, и практически эта работа у нас почти отсутствует¹; 2) переход воды в газообразное состояние и 3) исчезновение трех физических состояний химических соединений и замена их единым глубинно-планетным состоянием материи² (см. § 9, 11).

Все эти три процесса наблюдаются повсюду на суше в биосфере по мере углубления по направлению к центру планеты и вызываются одной и той же причиной. Уже на небольшой относительно глубине температура приближается к 100° С, при которой живые вещества неизбежно отсутствуют.

Причина этого явления нам теперь ясна, хоть далеко не вошла до сих пор в сознание геологов, особенно в нашей стране. Она вызывается в основной своей части радиоактивным распадом атомов, процессом космического характера (см. § 20, 21), т.е. независима от каких бы то ни было условий внешней среды, могущих проявляться на нашей планете. Мы увидим в дальнейшем (см. § 71, гл. IX), что радиоактивная тепловая энергия играет сейчас основную роль в геологических явлениях и совершенно достаточна для объяснения самых мощных геологических процессов, какие мы имеем на нашей планете. Только недавно, в 1939 г., впервые начали понимать, что магматические очаги и вулканические процессы, которые до тех пор не имели никакого, отвечающего известным нам физико-химическим явлениям объяснения, входят в область явлений радиогеологии. Выявились радиоактивные процессы нового рода, связанные с выделением нейтронов, о которых мы раньше не имели ни малейшего понятия и которые, по-видимому, окажутся достаточно мощными для объяснения магматических очагов и явлений вулканизма. Можно считать сейчас установленным, что каждый вулкан связан с подземным магматическим очагом, состоящим из расплавленной магмы и газов под давлением, занимающим гораздо большую площадь, чем сам вулкан, который является его относительно слабым поверхностным выражением.

¹ По инициативе С.А. Красовского создан центр при Отделении геолого-географических наук Академии наук СССР, но война временно остановила его развитие.

² Так как с углублением к центру планеты температура понижается, возможно, что так называемая латентная жизнь спор может сохраняться на больших глубинах неопределенно долгое время.

Количество действующих вулканов для всей суши не превышает несколько сотен. Столько же есть и подземных, отвечающих им очагов. Но есть целый ряд фактов, которые указывают нам, что существуют в земной коре такие магматические очаги, которые не имеют выхода на земную поверхность [7].

К проявлениям вулканизма должен быть отнесен, может быть, генетически связанный с ним другой ряд явления, мало обращающих на себя внимание наших геологов. Такими являются так называемые *софиони* – газовые водные растворы, перегретые до 140° и больше. Можно думать, что и для них есть скопления перегретых газов, не выходящие на земную поверхность. Как все вопросы геотермики, к сожалению, софиони не обращают на себя внимание наших геологов. Так, они были пропущены, например, на Кавказе. Это источники тепловой энергии, мало использованной человеком.

Но наряду с радиоактивным распадом проявляется в этих областях и другое геологическое явление того же порядка. Это давление как проявление всемирного тяготения. Оно проявляется, во-первых, в химической активности, давление действует здесь аналогично нагреванию и может вполне его заменять в химических процессах планеты. Благодаря этому неизбежно создается нижняя граница для стратисферы. Стратисфера переходит в метаморфическую оболочку.

60. Процессы химического характера вызывают здесь химические перегруппировки, образуются нового типа горные породы, новые типы минералов, главным образом силикатов и алюмосиликатов, многие из которых иным путем на нашей планете не образуются. Едва ли можно сомневаться, что мы встречаемся здесь с новыми формами минералов, силикатов и алюмосиликатов в первую очередь, большого удельного веса, на что правильно указывает проф. И.И. Заславский [8]. При современном состоянии минералогии метаморфических пород можно утверждать, что многие минералы, которые в них находятся, не установлены и нами упускаются. Глубокие метаморфические породы должны быть тщательно с этой точки зрения изучены и пересмотрены.

Все проявления живого вещества, которые на каждом шагу видны в стратисфере, здесь стираются, и чем больше мы углубляемся по направлению к центру планеты, тем более резко это выражается.

Любопытно, что в глубоких слоях *метаморфической оболочки* распространены там *гнейсы*, по своему минералогическому составу и текстуре одинаковые, оказываются происшедшими из двоякого рода пород: с одной стороны, из осадочных, а с другой стороны, из гранитных. Валовой химический состав их, однако, иной, и можно точно различать их по количественному химическому составу. Одни отвечают химическому составу осадочных пород (парагнейсы), другие – гранитных (ортогнейсы). Но морфологически они схожи. Гнейсы лежат у нижней границы метаморфической оболочки. Ясно уже сейчас, что здесь, в области больших диапазонов температуры и давлений, открывается огромная область приложения физической химии, но сейчас наш опыт отстает от наблюдения, которое одно явно недостаточно.

Огромную роль играют здесь газы, прежде всего пары воды и углекислота. Но эти газы при большой температуре и большом давлении с резким преобладанием водных паров представляют по существу газовые растворы, в которых как компоненты кремне-алюминиевые и ферри-кремниевые

соединения должны играть большую роль. В этой области метаморфизма роль этих газовых растворов начала нам выясняться только в последнее время, после опытов в Париже Мишель-Леви [9], работы, прерванной второй мировой войной.

В нашей литературе на значение этих газовых реакций при больших давлениях как проявлений метаморфизма указывал на основании анализа полевых наблюдений [10] покойный академик М.А. Усов (1883–1939), умерший в полном расцвете своих сил.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Немногие геологи первой половины XIX столетия могли иметь для своих заключений равный с ними масштаб явлений. Такими были Мурчисон (1792–1871) и Вернейль (1805–1873), которые сразу прибавили европейскую часть России к опыту западноевропейских геологов. Они посетили Россию в 1840 и 1841 гг. и смогли воспользоваться многолетней геологической работой, шедшей в нашей стране. Их работа вышла в 1845 г.

2. Э. Зюсс сам говорил мне, что том геологии, посвященный России и Северной Азии (значит, часть Северного Китая и Монголии), в сущности принадлежит В.А. Обручеву, который не пожелал, чтобы это было отмечено в заглавии.

3. Стратисфера – осадочная оболочка – образуется главным образом морскими и океаническими отложениями.

4. *Suess E. Antlitz der Erde. 1885–1909. Т. III. S. 628.*

5. *Schuchert Ch. The evolution of the Earth and its inhabitants // Publ. Yale Univ. 1918. P. 61–63.*

6. *Вернадский В. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 126 и сл.*

7. Геотермическая комиссия была организована постановлением Президиума АН СССР. 2. XII. 1939 г. 21. XI. 1940 г. на заседании Бюро Отделения геолого-географических наук решено ликвидировать Комиссию и организовать Геотермическую лабораторию (сообщ. С.А. Красовским в письме к В.И. от 16. IV. 1941 г.).

8. *Saslavsky I. [И.И. Заславский] Mineral Petrogr. Mitt. 1932. Vol. 43. P. 144–155.*

9. *Michel-Levi A. // С. г. Acad. sci. 1938. Vol. 206. P. 261; 1939. Vol. 208. P. 293, 508, 1030, 1594.*

10. *Усов М.А. // Изв. АН СССР. ОМОН. 1936. С. 281–301.*

**ГРАНИТНАЯ ОБОЛОЧКА.
ОСОБОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТИХОГО ОКЕАНА**

Гранитная (гранодиоритная) оболочка как конечный продукт вещества биосферы (мигматизация), особый характер гранитов и отвечающей им магмы (§ 61). Особое положение Тихого океана – отсутствие на его месте континента в течение геологического времени, по крайней мере, с альгонга и, как следствие – отсутствие под ним гранитной оболочки (§ 62, 63). Проблема изучения Тихого океана (§ 64). Расплавление гранитов как следствие тепла, получаемого при передвижении земных масс в геотектонических процессах (§ 65).

61. Углубляясь дальше внутрь планеты, мы всюду встречаемся с повышением температуры, давления и действием горячих газов, которые вызывают перекристаллизацию, превращение осадочных пород в *метаморфические породы* с так называемым явлением *метаморфизма*.

Между гранитной оболочкой и метаморфическими и осадочными породами лежит область мигматизации, внимание на которую было впервые обращено в 1891 г. финским геологом Седергольмом (1863–1934) [1] и геологическое значение которой выявляется нам только сейчас во всей его геологической мощности. Это область *магматических переходных к граниту пород*, малоизученных¹.

В мигматизации мы уже видим проявления расплавления метаморфических и, может быть, осадочных пород, переход их в расплавленное полужидкое состояние, вероятно, под влиянием горячих газов.

Можно заключить из всего вышесказанного, что гранитная (гранодиоритная) оболочка является генетически связанной с биосферой последним устойчивым изменением ее вещества.

В тесной связи с этими выводами стоит ряд других, имеющих большое геологическое значение.

Очевидно прежде всего, что гранитные породы должны стоять особняком среди массивных горных пород не только по их резкому преобладанию в глубоких частях планеты, вскрываемых геофизикой, но и ряду других условий своего нахождения, резко отделяющих их от других продуктов застывания магмы.

Так, гранитная магма резко отличается от магмы вулканических и плутонических горных пород (см. § 76–77) тем, что она является кремнеалюмоводной магмой, содержащей 7% и больше воды [2]. В этом резко проявляется то, что было указано раньше, – что биосфера является водной оболочкой (см. § 54).

Это вытекает из опытов Горансона [3] в Геофизической лаборатории Карнеги в Вашингтоне. Он показал, что под давлением гранит растворяет количество воды, отвечающее указанным цифрам. Едва ли случайно, что почти то же самое число независимо выведено Кларком для океанической воды в составе земной коры.

¹ Следует помнить, что ввиду мозаичного строения биосферы в область метаморфизации попадает и некоторая часть гранитных и метаморфических пород, входящих в биосферу. Для метаморфических идет вторичная метаморфизация.

В твердом граните, как мы его видим, сохраняется из этой воды небольшая часть в пределах 0,75%¹. К сожалению, синтез гранита до сих пор не воспроизведен и не изучен, в отличие от почти всех других массивных пород.

Надо принять при этом во внимание, что при температуре водно-алюмосиликатной магмы уже выше 570 °С вода является сильной кислотой и вытесняет кремнезем из его соединений.

Но, кроме того, в условиях нахождения гранитных и гранодиоритных пород мы наблюдаем широкое распространение батолитов, огромных глыб, нередко покрывающих на поверхности планеты тысячи и сотни тысяч квадратных километров и отличающихся, как всякий полевой геолог это знает, чистотой и однообразием своей структуры. По-видимому, существует определенная связь нахождения батолитов с большими орогенетическими процессами.

Граниты и гранодиориты, по-видимому, резко преобладают по объему и в биосфере среди других массивных пород. Такое преобладание можно видеть, однако, только учитывая выводы геофизики, что скорость распространения сейсмических волн отвечает скорости распространения их в гранитах, в твердых телах того же удельного веса.

Мне представляется, такое заключение нельзя сейчас научно оспаривать. Раз есть в наличии природное тело, точно отвечающее этим сейсмическим данным, и из других (геологических) соображений этого рода, тела должны находиться в глубоких слоях земной коры, мы имеем право считать увеличение гранитных пород с глубиной и образование ими целой гранитной оболочки под сушей научно доказанным (см. § 101). Мне кажется поэтому, что численные данные петрографов (которые в своих результатах этого не принимали во внимание) об объемном размере гранитных и гранодиоритных пород должны быть значительно увеличены. Факт, выявленный сейсмическими волнами, для нас является решающим. С ним нельзя не считаться.

62. Возвращаясь к вопросу о Тихом океане, мы видим, что, по крайней мере, с начала палеозоя, т.е. больше полмиллиарда лет, не было на им занятом пространстве континента² (см. § 63).

В то же время существование здесь континентов в докембрии до начала палеозоя не выявляется ни в каких нам известных геологических фактах и не называется никакими точными, основанными на фактах выводами, хотя бы косвенными.

Мне кажется поэтому, что геологи вполне могут допустить, что никаких проявлений континентов во впадине Тихого океана (конечно, за исключением области шельфов) на всем его огромном протяжении не было, по крайней мере с альгонгга.

Мы приходим, таким образом, к выводу, что причину отсутствия гранитной оболочки под Тихим океаном можно искать не в глубинных проявлениях планеты, не в связи с тектоническими или орогеническими движениями

¹ По Дэли, среднее из 345 гранитов.

² Нижний кембрий отвечает примерно 500 млн лет. В это время уже существовали все типы организмов. Отдельные находки, исключительно сохранившиеся, указывают, что и в так называемой альгонггской эре мы имеем то же самое явление. Вероятно, в ближайшее время мы будем здесь иметь более точные данные.

дна Тихого океана, не в связи с историей Луны (спутника Земли) как некогда входившей в состав вещества Земли на месте Тихого океана, как думают астрономы, но надо искать причину этого явления в геологической истории континентов (см. § 90).

63. В последнее время, в 1938–1939 гг., Пиггот [4] в Вашингтоне в Геофизической лаборатории Карнеги создал прибор-«пушку», позволяющий получать с больших глубин, 4 км и глубже, образцы илов в трубках до 5 м длиной и более. Он встретился при этом с новым явлением, что в области красных илов Тихого океана (как известно, эти илы становятся красными только после того, как они вынуты со дна океана) количество радия превышает то количество его, которое нам известно в горных породах Земли. Для Земли максимальное количество находится в гранитах, а в основных породах его заключается гораздо меньше. Однако не следует обобщать это эмпирическое наблюдение. В общем оно верно, но в такой форме выражено недостаточно четко. Есть ряд основных пород, которые содержат радия больше или, по крайней мере, не меньше, чем в гранитах. Впервые это было указано проф. Стокласа для некоторых жильных пород Рудных гор в Чехии и подтверждено позднейшими исследованиями, но, к сожалению, это явление не изучено в достаточной степени. Во всяком случае жильные породы по их радиоактивности никоим образом не могут быть сравниваемы с массивными породами (*strictu sensu*). В них мы можем даже ожидать в частных случаях большего нахождения радия, чем в гранитах. Что же касается массивных пород, основных и кислых, для них, насколько я знаю, нет случаев, когда бы основные породы содержали больше радия, чем кислые.

Вернемся к илам Тихого океана и к режиму радиоактивных элементов в его воде и илах. В первых измерениях Пиггота была ошибка в определении количества радия в красных илах на глубине. Он думал, что с глубиной количество радия увеличивается. Работа была в лаборатории повторена в 1941 г. с участием одного из крупнейших радиологов, д-ра В.Д. Урри (W.D. Urry), и им удалось выяснить это явление, причем оказалось, что *увеличения количества радия в илах Тихого океана с глубиной нет*. Они пришли к заключению, что все явление становится понятным только при допущении, что процесс существует непрерывно со времени существования Тихого океана, на месте которого никогда не было суши.

Картина, которая здесь выясняется, следующая [4]: количество радия в илах уменьшается с углублением в нормальном порядке, так как радий переходит в урановый свинец и в 1700 лет половина его исчезает и он не может накапливаться, что и выявили новые определения Урри и Пиггота. Режим вод Тихого океана, согласно этим последним исследованиям, выражается следующим образом: в воде Тихого океана содержится в 5 раз больше урана, чем его должно находиться в равновесии с радием, растворенным в этой воде. Это указывает, что радий куда-то уходит. Процесс распада урана следующий: уран переходит в ионий – изотоп тория – с такой скоростью, что половина урана совершит этот процесс в $4,5-10^9$ лет и перейдет вся в ионий. Торий и его изотопы, как мы знаем, принадлежит к пиррогенным элементам (см. § 25) и никогда не переходят в водные растворы нашей планеты¹. образо-

¹ Изотопы тория, получаемые во время радиоактивного распада, находятся в растворах в расщепленном состоянии.

вавшиеся атомы иония собираются в красном иле и переходят в радий с такой скоростью, что в течение 82 000 лет половина всего иония перейдет в радий. Но радий перейдет в урановый свинец со скоростью, при которой за 1700 лет половина радия переходит в урановый свинец, который собирается в илах. Радий в илах уменьшается в своем количестве с глубиной.

Но есть и другой процесс неизменного исчезания радия в природных водных растворах. Он поглощается живым веществом. Это явление было доказано Биогеохимической лабораторией Академии наук – Б.К. Бруновским и его сотрудниками [5]. Он выкачивается из водных растворов живым веществом. Это явление было указано для пресных бассейнов. Американские работы подтвердили то же для Тихого океана [6].

Красные илы химически и минералогически не выяснены в своем составе. Они очень своеобразны. Их часто называют глинами, но химически это не глины, которые являются редкостью даже в коре выветривания на океанических островах Тихого океана¹. Образование илов, по-видимому, связано с мельчайшими организмами, которые после смерти медленно, по-видимому в течение нескольких лет, достигают дна, падая с поверхности океана, его «планктона», или из верхних его частей, где они жили. Во время длинного пути скелетные части растворяются и илы обогащаются этим путем тоже радием. В самих илах нет никаких скелетных частей организмов² и нет никаких живых организмов, кроме бактерий и бесскелетных низших червей.

В конце концов устанавливается равновесие, причем количество радия в илах в 4–10 раз превышает количество его в гранитах, в которых количество его является наибольшим из всех массивных горных пород.

Мне кажется, можно считать, что отсутствие континента в течение, по крайней мере, 800–1000 млн лет, а может быть и больше, неизбежно не дало бы возможности образования гранитной оболочки под Тихим океаном³. *Гранитная оболочка может находиться в тех областях земной поверхности, в которых геологически длительно был или есть континент.* Это является логическим выводом из допущения, что гранитная оболочка есть метаморфизированная (мигматизованная) и переплавленная, когда-то бывшая на поверхности, биосфера суши. Первые исследования Пиггота были подтверждены, правда, немногими, японскими наблюдениями.

64. Еще одна проблема биогеографического характера выявляется в науке в связи с изучением Тихого океана. Она была сформулирована в 1936 г. в записке, составленной Тихоокеанским комитетом и Зоологическим институтом Академии наук СССР, следующим образом [9]: «Биогеография Тихого океана находится еще, можно сказать, в эмбриональном состоянии. Между тем стало уже ясно, что корни морской мировой фауны надо искать в Тихом океане. Фауны океанов Индийского, Ледовитого – не более как дериваты древней и наиболее полно сохранившейся до наших дней тихоокеанской фауны. Сопос-

¹ Я, конечно, говорю о каолиновых глинах. Каолиновые глины Гавайских островов являются изоморфной смесью алюмокремниевых и титанокремниевых каолинов [7].

² Уже экспедиция Челленджера (1872–1876), что подтвердилось и другими, нашла местами остатки зубов акул, живших в третичное время (*Carcharodon*).

³ Экстраполяция, которую я здесь делаю, учитывая длительность альгонгга, в расчетах Шухерта и Денбара [8], внесенного в криптозойскую эру, и малую изученность жизни в криптозойской эре до кембрия (см. ч. II), мне кажется, вполне допустима.

тавление результатов зоогеографических исследований с палеонтологическими данными уже теперь приводит к ценнейшим выводам по истории нашей планеты и ее населения несмотря на скудость и фрагментарность материала. Особый теоретический интерес имеет вопрос о единстве или распадении на частные отдельные фауны *глубоководного* населения Тихого океана; выяснение этого вопроса дает указания на способы и время возникновения этого населения. За недостатком данных по фауне больших глубин вопрос этот едва затронут в науке, но именно на глубинах Тихого океана он мог бы быть наиболее успешно разрешен, так как здесь мы имеем наравне с геологически молодыми глубоководными ложбинами вроде “глубин Тускорары” основное глубоководное пространство центральной части Тихого океана, по-видимому, очень древнего происхождения.

Изучение фауны континентального плато и плато по обоим берегам Тихого океана и у океанических островов также связано с такими широкими общими вопросами биогеографии и биологии, как существование в прежние эпохи материковых перемычек (“мостов”) на Тихом океане, выяснение законов расселения живых организмов, вопросы происхождения красноводной и даже отчасти наземной фауны».

Я вернусь к этому вопросу во второй части книги, когда буду касаться вопроса о генезисе жизни на суше.

Наша страна не может относиться безразлично к изучению Тихого океана, береговая полоса которого на огромном протяжении граничит с нашим Союзом.

План экспедиции в международном масштабе стран, примыкающих к Тихому океану, долженствовавший быть в 1930 г., был выдвинут американскими учеными, но в связи с экономическими и политическими условиями не мог осуществиться. В 1936 г. был выработан Тихоокеанским комитетом и Зоологическим институтом Академии наук план экспедиции в широком масштабе для изучения главным образом областей, прилегающих к нашим берегам, но касающийся и всего океана. Работа должна быть начата в 1937 г. Сложная история политической жизни не позволила осуществиться этим заданиям. В 1940 г. тот же вопрос был поднят Океанографической комиссией Академии наук. Но еще большее критическое положение военных событий не позволило это необходимое исследование осуществить. Несомненно, оно будет осуществлено после победы над гитлеризмом.

65. Гранитная оболочка едва ли на всем своем протяжении состоит из кристаллических минералов и в нижних слоях своих, возможно, местами, теряет кристаллическую структуру, благодаря давлению и температуре, и переходит в новое состояние своего вещества – глубинно-планетное.

Но вещество ее в этом состоянии имеет тот же удельный вес, что и гранит. Наблюдения показывают, что в орогенических движениях – геосинклиналях – температура достигает такой величины, что гранитные породы переходят в магматическое состояние и при застывании перекристаллизовываются. Как правильно указал проф. М. Люжон в Лозанне, количество тепла, развивающегося при этого рода процессах, достаточно, чтобы местами расплавить подвергающиеся давлению горные массы и образовать граниты [10]. Эти местные временно существующие магмы являются проявлением переходящей в тепловую энергию земного тяготения – следствие механического движения земных масс.

Эта энергия прибавляется к явлениям космического характера, каким является тепловой эффект радиоактивного распада вещества Земли. Она мало учитывается, далеко не всегда проявляется так ярко, но в конце концов может иметь большее значение, чем нам это кажется.

Мы можем сейчас утверждать, что ее проявление может идти далеко в глубь планеты, в подгранитную тяжелую оболочку, в так называемые *подкоровые слои* (см. § 74, гл. X), так как в области Тихого океана наблюдаются землетрясения, причина которых лежит на глубине более 250 км [11].

Такие же проявления в той же области планеты наблюдаются до глубины 700–800 км [12]. Мы должны заключить отсюда, что подвижная область планеты, четкого представления о которой мы сейчас иметь не можем, в некоторых частях планеты идет очень глубоко, и, по крайней мере, до этой глубины простирается подвижная область планеты – *астеносфера* под Тихим океаном (см. § 93).

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Sederholm J.* Studien über archaische Eruptivgesteine aus dem südwestlichen Finland. Helsinki, 1891; Tshermaks miner. und petrogr. Mitt. 1891. Bd. 12. S. 97–142.

2. При застывании гранита эта вода уходит. Гранит, превращаясь в стекло, растворяет при 900 °С разные количества воды в зависимости от давления паров воды. Максимальное растворение до 9,35% воды по весу при давлении 4 кбар. Естественные реалитовые стекла не содержат более 10% воды, и эти стекла, имеющие 8–10% воды, являются чрезвычайно редкими.

3. *Goranson R. W.* // Amer. J. Sci. 1931. Vol. 22. P. 501–502; 1932. Vol. 23. P. 227–230; *Vogt I.* // Econ. Geol. 1926. Vol. 21, N 3. P. 207–233; N 4. P. 309–332; N 5. P. 469–497.

4. *Piggot C., Urry W.* // Amer. J. Sci. 1941, Febr.; Nature, 1941. Vol. 147. P. 749.

5. *Бруновский Б.К.* // Тр. Биогеохим. лаб. АН СССР. 1932. Т. 2. С. 9–25.

6. *Stoklasa J., Pencava.* Biologie des Radiums und Uraniums. L., 1932. S. 177.

7. *Moir W., Allen O., Magisfeld O.* et al. A Handbook of Hawaiian soils, Honolulu, 1936.

8. *Schuchert Ch., Dunbar C.* A Textbook of geology. 4th ed. Pt II. Historical geology. N.Y., 1941. P. 71.

9. Записка в Президиум АН Тихоокеанского комитета и Зоологической выставки АН, 1936 г. (рукопись).

10. *Lugeon M.* // С. г. Acad. sci. 1930. Vol. 190. P. 1097; 1940. Vol. 210. P. 87. М. Люжон связывает образование гранитных магм с превращением механической энергии в тепловую во время геотектонических процессов. Эти идеи требуют числовых подсчетов. Гранит является по этому представлению продуктом переплавленных пород биосферы.

11. *Wadati K.* Shallow and deep earthquakes // Geophys. Mag. Tokyo. 1930. Vol. 2. P. 1–36.

12. *Gutenberg B.* Internal constitution of the Earth. N.Y.; 1939. P. 291.

РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ГЕОЛОГИИ ПЛАНЕТЫ

Радиоактивный метод определения геологического времени дает понятие не о возрасте Земли, а только о возрасте наиболее древнего процесса метаморфизации (§ 66). Принцип, или правило, Геттона: «В геологии не видно ни начала, ни конца» (§ 67). Геохимическое изменение элементарного химического состава Земли в зоны лет (§ 68). Поиски начала и конца геологических явлений не связаны с научными фактами (§ 69). Уменьшение количеств урана, актиноурана, калия в геологическом времени (§ 70).

66. Из всего вышесказанного можно сделать выводы, которые мы не должны забывать во всем дальнейшем. Во-первых, явления метаморфизма и образование гранитной оболочки в области астеносферы (см. § 93), в конце концов, являются проявлением частью космических сил, если так мы будем называть явления радиоактивности, и частью – планетного всемирного тяготения. Следствием этого является совершенно новое и чуждое нам, привыкшим к биосфере, выявление свойств земного вещества. Явление метаморфизма резко меняет твердые природные химические соединения, их *пространственные решетки – земное вещество.*

В явлениях метаморфизма мы видим физико-химическое изменение вышележащих *твердых* горных пород – осадочных, обломочных, массивных и вулканических и первично уже метаморфизованных пород под влиянием изменившихся температуры и давления в области метаморфизма, все растущих постепенно книзу с разным темпом в разных местах – разной термической ступенью [1], с одной стороны, а с другой – под влиянием горячих водных растворов, поднимающихся снизу, частью связанных с очагами магмы (см. § 74–76).

Здесь должны появляться неизвестные для стратисферы и земной поверхности кристаллические решетки силикатов и алюмо- и феррисиликатов, новые их минералы. В биосфере мы можем встречаться только с их результатом, метаморфическими и гранитными породами.

Но мы должны сейчас же отметить, что их существование, по-видимому, указывает на существование *предела* применения одного из величайших достижений геологии в XX в. тому явлению, которое позволяет нам точно вычислить и связать с астрономическим временем на основании строения вещества планеты *геологический возраст* тех пород, которые мы вокруг себя встречаем. Это определение основано на одном, мало обращающем на себя внимание человека, *замечательном свойстве твердого земного вещества*, среди которого он живет. Атомы этого вещества входят в состав пространственных кристаллических решеток, в которых они выкристаллизовались и в которых мы видим теперь, что даже в течение времени до двух миллиардов лет они не отходят заметно от гомологических точек – центров атомов.

Их движения должны быть такого рода, чтобы не противоречили этому правилу¹.

¹ Для ферри-никелевых метеоритов, по новым работам Пакета и его сотрудников (1942 г.), этот возраст доходит до 6–7 млрд лет [2]. С этой точки зрения было бы чрезвычайно интересно и важно определить тем же методом возраст по гелию и по торону металлических метаморфических минералов.

Метаморфические и гранитные породы могут дать нам геологическое время последнего процесса кристаллизации, когда атомы приняли это устойчивое положение. Мы знаем, что их геологический возраст очень различен. Но, очевидно, самый древний будет тот, который покажет нам возраст образования гранитов и глубоких метаморфических пород. Этот возраст отнюдь *не является возрастом планеты*, как это часто указывают [3]. Самое большее, на что это указывает, что это есть самое древнее проявление процесса метаморфизации и гранитизации в данном месте. Никаких нет, однако, оснований думать, что мы здесь где-нибудь можем встретиться или встречаемся с гипотетическим «первозданным» веществом планеты. Точно так же ничто не указывает, чтобы мы встретились здесь с самым древним проявлением метаморфизма или образования гранита. Вероятнее всего, мы определяем здесь лишь время последнего, новейшего по возрасту передвижения атомов в пространственных решетках, атомы которых после того не сдвинулись с места в том смысле, как только что указано. Это передвижение во время процесса метаморфизации или гранитизации смещает с места все прежние пространственные решетки и не дает нам возможности восстановить каким-нибудь путем их прежнее расположение, отвечающее их разному возрастному положению.

Мы имеем, однако, возможность убедиться, действительно ли наблюдается такое явление. Если бы при исследовании радиоактивным способом мы получили один и тот же возраст для таких явлений, которые явно с геологической точки зрения должны быть разновременными, это показало бы нам, что существует *предельная длительность метаморфического процесса*, которая много меньше длительности существования планеты и не позволяет нам пользоваться радиоактивным методом определения возраста без поправок. Она дает нам геологическое время данной твердой породы – метаморфической или гранитной – глубже мы встретимся с расплавленной массой, застывание которой может быть для нас более близким по времени, чем та твердая порода, которая дала расплав.

Для этого необходимо произвести систематическое геологически радиоактивное исследование хорошо геологически изученных областей древнего метаморфизма. Этого, к сожалению, нигде не сделано.

Для определения геологического времени, более древнего чем то, которое дается радиоактивным изучением метаморфических и гранитных пород, нужно будет искать новую методику.

67. Есть другое радиоактивное явление, которое выявляется в ходе геологического времени и указывает нам на то, что на нашей планете есть процессы, которые выявляют, что время существования ее твердого вещества, а следовательно, и самой планеты не может учитываться теми немногими миллиардами лет, которые мы получаем при изучении метаморфических и гранитных пород.

Мы знаем теперь, что в том космическом проявлении вещества, которое мы называем радиоактивностью, мы неизменно видим замещение атомов одних химических элементов атомами других, совершенно с ними не сходных. Этот процесс совершается в сотни и более миллиардов лет и, очевидно, *указывает, что два-три миллиарда лет*, в которые укладываются, по-видимому, все метаморфические и гранитные процессы, не являются *временем*

существования планеты, а временем последнего метаморфического процесса в данной точке, после которого заметно для наших методов не сдвинулись атомы кристаллических решеток. Чрезвычайно характерно, что тот процесс, который при этом проявляется, есть процесс в сущности геохимический. Он меняет всю геохимию планеты, ее атомный состав в его химическом проявлении. Атомы урана, тория, актиния, калия, рубидия, самария и, вероятно, ряда других элементов, радиоактивность которых так слаба, что не открывается современной методикой [4], непрерывно исчезают постепенно и закономерно на нашей планете, и вместо них получают атомы свинца, кальция, бария, стронция и т.п. Мы подходим к пределам нашего научного понимания в данный момент планетных процессов.

Но ученый не может отбрасывать их из круга своего зрения, тем более что и другие явления в геологии приводят геолога к тому же основному логическому выводу, который отсюда вытекает. Этот вывод сделан был уже Геттоном в конце XVIII в. и, мне кажется, больше отвечает действительности, чем то представление, которое сейчас господствует в нашей науке. Геттон, широко образованный человек, в основных своих философских выводах, мне кажется, близкий к Бошковичу, установил как вывод своей работы, что «в геологии мы не видим ни начала, ни конца» [5].

68. Геолог, как и все научные работники, должен исходить из основных положений научного охвата природы, отбрасывая, по возможности, все предвзятые понятия и построения, не возникающие из изучения научных фактов или научных обобщений, а из таких социальных построений, каковыми являются религия и философия.

Встречаясь, как в данном случае, с реально идущими на Земле процессами, длительность которых превышает его фантазию, он, исходя из того же выставленного правильно Геттоном принципа, должен рассматривать этот химический переворот в составе вещества планеты – резкое изменение элементарного химического состава – как процесс земной, закономерный и по существу ничем не отличающийся от других геологических процессов, им изучаемых. Из этого логически следует, что наша планета в своей геологической структуре выявляется в зоны лет, тысячи миллиардов (может быть больше), в течение которых процесс неизменно происходит как геологическое явление, научно точно установленное и совершенно нормальное, как все явления, в науке установленные.

Мы должны, следовательно, допустить такую геологическую структуру планеты, которой это представление не противоречило бы. Превращение одного химического элемента в другой, растянутое на зоны лет, очевидно, в ходе времени не является катастрофическим, хотя по существу оно катастрофическое; оно по своим конечным результатам меняет всю геохимию планеты.

Даже в геологическое время этот процесс казался бы катастрофическим, но в зоны времени он нормален и незаметен так же, как незаметны для нас непрерывно идущие орогенические и тектонические процессы, в результате которых в историческое время на глазах человека создаются такие горные образования, как восточные Гималаи например [6] (см. § 29, 36).

Уже сейчас мы должны в геологии считаться с резким изменением теплового режима земной коры (и биосферы) в связи с актиноураном и уменьшением калия [7]. Очевидно, этот земной процесс теснейшим образом связан с планетой – Землей.

69. Представления о начале и конце нашей планеты в геологические представления вошли не из наблюдения фактов, а из готовых, чуждых науке, представлений, религиозных и философских, что мы можем научно точно доказать, исходя из истории научной мысли.

Эти религиозные и философские представления считают *логически неизбежными*, что Мир, Жизнь, Вселенная, наша Земля имели начало и будут иметь конец. Это тесно связано с еврейско-христианско-мусульманскими представлениями о мире и божестве и генетически и исторически неразрывно с ними связанной в своих основных положениях и во всей своей истории европейской (средиземноморской) философией. Эта связь выявляется или в отрицании, или в принятии и развитии религиозных представлений и догматов и создает своеобразный настрой мыслей западноевропейской (и американской) философии и охваченной ею научной работы.

В европейско-американскую науку это было внесено, мне кажется Иммануилом Кантом в введенном им понятии естественного тела или естественного процесса в конце XVIII или начале XIX в.

И сейчас мы видим, что ученые, связанные с другим настроем мыслей, опирающиеся на религию и философию другого характера, связанные с Индией и отчасти Дальним Востоком, не видят никакой *логической* обязательности считать неизбежным при изучении научных явлений существование начала Мира, начала Вселенной, начала Жизни и т.п. так же как и их конца.

Этот факт коренного различия в настрое научной мысли современных геологов ясно доказывает, что *то, что кажется западноевропейским ученым логически неизбежным, есть иллюзия и не вытекает из научных фактов*, вывод, привнесенный в нашу мысль социальной обстановкой.

Значение научной мысли ученых другого настроения мыслей уже сейчас скажется, особенно для Индии, и уже сейчас ясно, что вес их в научной работе в связи с катастрофой, переживаемой в Западной Европе, еще больше увеличится в ближайшее время.

Точно так же геолог не может сейчас оставлять без внимания закономерно идущий на нашей планете процесс замещения одних химических атомов другими. Этот процесс резко изменяет всю *геохимию* и термический режим планеты, т.е. и всю *геофизику*.

Уже сейчас мы должны в геологии считаться с резким изменением теплового режима земной коры (и биосферы) в связи с $\langle \dots \rangle$ и уменьшением калия. Очевидно, этот *земной процесс* теснейшим образом связан с планетой Землей.

70. Мы можем сейчас это количественно учесть (см. § 91–92). Я имею в виду историю на нашей планете сильно радиоактивного калия (изотопа ^{40}K). Этот изотоп, составляющий сейчас ничтожную часть элемента калия (примерно около 0,001 его массы, по Брюеру), постепенно исчезает на нашей планете, переходя в изотоп кальция ^{40}Ca , количество которого на нашей планете все увеличивается [8]. Этот переход совершенно стихийный и ничем не удержимый, по нашим современным представлениям, сопровождается выделением тепла, сейчас же резко проявляющимся в термическом режиме планеты. Подсчеты В.Г. Хлопина (1937 г.) показывают, что три миллиарда лет тому назад наша планета получала больше тепла, чем она получает его теперь. Сейчас наша планета получает этим путем в пределах «земной коры» Кларка

(см. § 91–92) $0,9 \cdot 10^{16}$ г/кал от калия, а три миллиарда лет тому назад она получала этим путем $2,82 \cdot 10^{16}$ г/кал от этого изотопа.

В результате, принимая во внимание только теплоту, связанную с ураном первым, актиноураном, торием и калием, три миллиарда лет тому назад количество выделяемого тепла этими элементами в «земной коре» была в 5,34 раза больше, чем теперь. Очевидно, метаморфические и магматические процессы шли в это время более быстрым темпом, и геолог должен это учитывать.

Нет никакого сомнения, что это частный случай огромного явления, которое только что вскрывается в геологии. Дело ближайшего будущего – его точное расследование. Сейчас же, однако, я считаю нужным подчеркнуть, что, учитывая эти процессы, геологическое значение которых ясно, мы сразу увеличиваем так называемый возраст нашей планеты в десятки, если не сотни раз, вместо миллиардов, которые давало геологическое определение археозойских пород. Мираж *генезиса планеты* начинает рассеиваться.

Нельзя не отметить, что и другое геологическое явление этим нарушается. Калий необходим для жизни. Его уменьшение есть уменьшение жизни. Но есть процессы увеличения калия на нашей земле (см. табл. 4, § 22). Этот вывод, может быть, требует осторожности, так как непроверенные еще другими, но точные наблюдения Брюера показывают, что организм концентрирует больше ^{39}K , а не ^{40}K . В форме рассеянных атомов калий может постоянно создаваться на нашей планете из следующих элементов: хлора, кальция и скандия, причем образуются два изотопа – ^{38}K и ^{42}K , которые в природном калии не наблюдались, причем оба они получаются и из ^{39}K , который концентрируется организмом. Дальше идти в этом анализе мы пока не можем.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Средний термический градиент – 1° на 30 м (или 30° на 1 км). Но величина его колеблется от 20 до 40° на 1 км (для Европы в среднем – 30° , а для Америки – 25°).

2. *Arrol W., Jacobi R., Paneth F.* // *Nature*. 1942. Vol. 149. P. 135.

3. *Holmes A.* *Age of the Earth*. L., 1927.

4. Надо иметь в виду, что для измерения радиоактивности необходимо, чтобы скорость α -частиц была не меньше чем $20\,000$ км/с (Содди).

5. См. примеч. 30 к гл. I.

6. Дж. Геттон (1726–1797), крупный натуралист и глубокий мыслитель, трудный для понимания вследствие сжатости изложения, не получил должного внимания и оценки со стороны современников. Печатались он стал к концу жизни, но оказывал громадное влияние личными беседами. В популяризации его идей большую роль играл его ученик и биограф I. Playfair (1748–1819), издавший в 1802 г. «Illustrations of the Huttonian theory of the Earth».

7. *Личков Б.Л.* // *Природа*. 1934, № 6; *Seidlitz W.* // *Naturwissenschaften*. 1932. Bd. 20, H 32. S. 584.

8. *Brewer A.* // *Science*. 1937. Vol. 86. P. 198.

КОНЦЕНТРАЦИЯ РАДИОАКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ В ВЕРХНИХ ГЕОСФЕРАХ ЗЕМЛИ

Концентрация радиоактивной тепловой энергии вещества планеты в верхней ее части и уменьшение ее ниже гранитной оболочки (§ 71). Глубинно-планетное состояние вещества и его геологические проявления (§ 72). Гипотетическое ферромагнитное ядро (§ 73). Магматические очаги, а не магмосфера. Подкорковая область планеты. Нейтронные реакции – причина вулканизма (§ 74–76). Особое положение Тихого океана и проблема базальтовых полей (§ 77, 78).

71. Открытие радиоактивности резко изменило прежние представления об энергетике нашей планеты, но, к сожалению, в русской и позже в советской геологической мысли сознание происшедшего переворота еще только сейчас начинает сказываться.

В самом начале XX в. было открыто большое космическое явление в веществе самой планеты (см. § 19, 20) – источник планетной (земной) энергии, который оказался достаточным источником тепла для объяснения основных геологических явлений: нахождение среди атомов химических элементов таких, которые непрерывно, без всякой видимой для нас причины, распадаются закономерно в ходе времени с выделением тепла, причем нет никаких сил на Земле, которые могли бы менять темп этого распада. Это было открыто в 1903 г. П. Кюри (1859–1906) и Л. Лабордом в Париже.

В 1906 г. в Лондоне Р.Д. Стретт, теперь лорд Релэй, рядом точных измерений доказал, что количество этих элементов должно сосредоточиваться относительно неглубоко от земной поверхности, так как если бы такое же количество радиоактивных элементов наблюдалось и в земных глубинах, то Земля обладала бы несравненно большей температурой, чем та, которую мы наблюдаем. Очевидно, количество радиоактивных атомов должно быстро уменьшаться с глубиной.

Этот вывод в его геологическом значении был сейчас же развит и введен в науку Д. Джоли (1857–1933) [1] в Дублине и в конце концов заставил нас в корне изменить наши представления о нашей планете [2].

К сожалению, в советскую геологическую мысль это входит только в последние годы и ею не усвоено во всем ее значении, и не вошло у нас настоящим образом в геологическую работу и в высшую школу. Если не ошибаюсь, то преподавание явлений радиоактивности не поставлено правильным образом ни в одной из наших высших школ, наших университетов, а наши геологи часто этого явления не учитывают, а повторяют старые пережитые космогонические фантазии.

72. Мне кажется, почти одновременно были выяснены и другие, уже чисто геологические, явления, выявившиеся тоже в XX столетии, которые способствовали быстрому проникновению в мировую геологическую мысль радиогеологических представлений. Для того чтобы объяснить геологические процессы расплавленным ядром планеты, необходимо, как это и думали первые исследователи XIX столетия, чтобы земная кора, близкая по некоторым своим свойствам к твердому состоянию, не была очень мощной.

В § 16 я показал наши современные знания о глубинно-планетном состоянии вещества планеты, с которыми мы имеем сейчас дело. Ясно, что мы не

можем теоретически сейчас установить, какие свойства твердого тела оно будет сохранять. Поэтому приходится сейчас использовать эмпирические данные, которые проявляются при наблюдениях над геологическими явлениями, происходящими в веществе такого физического состояния. Такого рода явлениями будут батисейсмы и вулканические извержения. Для батисейсм в области Тихого океана в подгранитной тяжелой оболочке мы знаем, что такие свойства как бы твердого состояния проявляются на глубинах до 600–800 км от уровня геоида. На этих глубинах находятся центры землетрясений. Мы не можем их объяснить иначе, как взрывами газов. С другой стороны, крупный американский геолог В. Уиллис [3] недавно в своем интересном анализе японских вулканов пришел к заключению, что свойства *твердой* «земной коры» могут проявляться, по крайней мере, до глубины 3000 км (2896 км). Это число основано на геофизических данных, не зависящих от радиогеологии.

При такой толщине коры, достигающей почти половины земного радиуса, влияние сплошной расплавленной жидкой массы, если бы она была внутри планеты, не могло бы проявляться в явлениях горообразования и вулканизма, для которых ее использовали. Но, кроме того, мы знаем сейчас, что все планеты, к числу которых принадлежит наша Земля, являются в аспекте космического пространства телами холодными¹ (см. § 16) и даже для такой планеты, как Юпитер, которую еще недавно считали расплавленной, измерено точно, что температура его на поверхности ниже 100°². Наша Земля, принимая во внимание данные радиогеологии, входит теперь в круг всех других планет по существу как холодное космическое тело [4].

73. Еще одно земное явление приводит к такому же заключению. Земля окружена резко выраженным магнитным, вернее, электромагнитным полем. Явление это довольно сложное и полной его теории мы не имеем, но общая картина его вырисовывается.

Допущение существования *металлического* ферромагнитного ядра нашей планеты, без полного объяснения этого поля, не может быть отвергаемо, так как есть другие свойства Земли, которые требуют этого же представления. Таким является большой удельный вес Земли.

Как известно, наша планета есть самая тяжелая по удельному весу; удельный вес ее равен 5,527. Горные породы не превышают удельного веса 3–3,5. Неизбежно приходится заключать, что в ядре Земли будут находиться металлические соединения – металлические тела, которые являются наиболее тяжелыми из веществ, на нашей планете известных.

Хотя допущение ферромагнитного металлического α -Fe в составе металлического ядра не объясняет целиком электромагнитного поля Земли, оно в

¹ Говоря о холодном состоянии планет, я говорю в аспекте астрономических явлений, где мы имеем дело на каждом шагу с сотнями и тысячами и до сотен тысяч градусов, иногда и больше при экстраполяции. В этом аспекте сотни градусов – ничтожная величина.

² Низкие температуры для Юпитера вычислены на основании предположений, что планета получает всю свою теплоту от Солнца. Астрономы не приняли во внимание нашу планету, в которой главная теплота получается радиоактивным распадом. Поэтому эти определения требуют осторожности. Но для поверхности Юпитера есть прямые измерения. Мы не должны забывать, что на верхней границе нашей тропосферы и нижней границе стратосферы наблюдаются температуры, доходящие до –100°.

значительной степени упрощает его понимание. Но α -Fe существует, принимая во внимание давление, только до температуры 760 °С (точка перехода Кюри), при которой α -Fe переходит в β -Fe, которое не ферромагнитно, а парамагнитно и образовывать электромагнитного поля не может. Все изложенное выше заставляет нас заключить, что распределение тепла в нашей планете в общих чертах следующее.

Максимальная температура, возможно достигающая температуры плавления вулканических и плутонических пород, должна иметь место в подкоревой области (см. § 74), ниже которой количество дающих тепло радиоактивных атомов быстро падает. Существование магматических очагов, выявляемых батисейсмами в пределах этой оболочки на глубинах до 800 км от уровня геоида, делает это очень вероятным.

Тяжелая алюмо-ферросиликатовая оболочка (см. § 103), может быть и заключающая металлические тела¹, должна заключать еще меньше радиоактивных атомов. Температура ее должна еще более понижаться. Еще более это должно иметь место для более тяжелых металлических соединений.

Как земные металлические минералы, так и образцы металлических метеоритов дают нам еще более резкое уменьшение радиоактивных атомов по сравнению с основными породами. Исходя только из научных фактов, объяснение которых нам до сих пор скрыто, мы можем спокойно принять как научную гипотезу существование металлического ферромагнитного ядра с температурой ниже точки Кюри (см. табл. 10, § 104).

74. Расплавление гранитных масс в связи с процессами метаморфизма и с движениями глыб астеносферы не является единственным проявлением магматических процессов метаморфизма. Как было указано, в области метаморфических оболочек мы находим зарождение *очагов высокой температуры*, приводящих в конце концов к магматическим расплавам (см. § 59–60) [5].

С углублением в более глубокие слои число и значение очагов местами увеличивается, и опять-таки местами же более глубокие метаморфические породы проникнуты инъекциями магматических пород, гранитных главным образом. При застывании появляются *мигматиты* (см. § 50).

Нигде мы не встречаем сплошного облекающего всю планету слоя *расплавленной магмы* – магмосферы, хотя бы из гранита. В геологических разрезах мы не видим следов былого существования такого планетного явления. Наибольшими формами ее былого нахождения являются *батолиты гранитных пород*, может быть базальтовые покровы (см. § 78). Ничто не противоре-

¹ Очень распространено представление, которого придерживается ряд крупных ученых, как Добрэ, В. Гольдшмидт, Таман, А.Е. Ферсман и другие, допускающее, что между металлическим ядром и подгранитной тяжелой оболочкой находится промежуточная область, состоящая из металлического тела, богатого силикатами, природным примером которых являются палласиты. Никаких доказательств того, что палласиты принадлежат к Солнечной системе, нет. Сам В. Гольдшмидт, придерживающийся этой точки зрения, считал вероятным, что палласиты образуются в поле тяготения, чрезвычайно разреженном – в вакууме. Синтез палласитов до сих пор не удался. Ввиду этого, упоминая об этой гипотезе, я не думаю, что надо с ней считаться. Она названа космогоническими представлениями Кант-Лапласовой системы (см. гл. XIII).

чит допущению их нахождения местами и сейчас в расплавленном виде на больших глубинах, нам недоступных¹.

На два явления, с этим связанных, надо обратить здесь внимание: на магматические очаги, как только что указанные, и на *базальтовые вулканические поля, или покровы*, связанные с глубинным – в масштабе планеты явлением (см. § 77) и выделяющиеся из трещин. В структуре планеты они занимают особое место, так как взятая в целом магма их идет, как показывают точные научные наблюдения, не всегда, конечно, но в ряде несомненных случаев, наиболее глубоко в недра планеты (см. § 78).

Но и магматические очаги встречаются уже близко к земной поверхности и выражаются в вулканических извержениях. Количество вулканов, через которые расплавленная магма в виде лавы, теряющей и потерявшей свои газовые составные части, выливается на земную поверхность, в общем в каждый момент времени ничтожно и в данное время исчисляется сотнями (около 500–600 действующих вулканов), если считать группы вулканов, таких как вулканы Галапагосских островов [6], где насчитывается до двух тысяч выходов, за один вулкан, за одно целое, связанное с одним магматическим очагом.

Магматические очаги вулканов лежат ниже немногих километров от уровня суши, для Везувия, например, около 5 км.

Глубину того же порядка приходится допускать для вулканов Тихого океана (лежащих вне его шельфа, например основных лав Гавайских островов). С другой стороны, мы видим в батисейсмах Тихого океана проявления этих очагов на земной поверхности с глубин сотен километров.

В последнее время в своих научных гипотезах геологи говорят об этой области как о *подкоровой области* планеты. Это область наименьшей устойчивости и сопротивления, причем это может проявляться не только в земных процессах, но учитываться, как правильно делает Б.Л. Личков [7], в проявлениях космического характера, какими могут являться на нашей планете приливы и отливы.

Тихий океан и здесь резко выявляет свою индивидуальность (см. § 62, 64). Под его дном близко подходят очаги чрезвычайно химически основной базальтовой магмы, которая на его вулканических островах может подниматься на поверхность с глубины нескольких километров. И его илы в общем имеют тот же состав. Средняя глубина Тихого океана 4282 м. Очень много извержений лавы и газообразных продуктов происходит в Тихом океане, не доходя до поверхности, в виде подводных вулканических извержений.

Значение подводных и наземных вулканов ярко проявляется в составе морской океанической воды, и я касаюсь этого в другом месте (см. гл. XVII). Для Тихого океана оно резко сейчас проявляется в том, что в нем на его дне и в окружающих его островах и суше проявляются глубокие батисейсмы

¹ Еще в 1934 г. я считал возможным говорить о магмосфере [5], не считал возможным отбросить целиком вековые представления о расплавленной земной оболочке. Сейчас это представление явно потеряло свою эмпирическую опору в данных и основанных на них представлениях, как геологических, так и радиогеологических, так как мы можем сейчас опираться на удовлетворительную рабочую научную гипотезу происхождения очагов и ясно видим, как ее можно эмпирически проверить (см. § 76). Даже очень вероятно, что нет определенной части метаморфической оболочки, где концентрируются магматические очаги.

(больше 100 км). Очень обычны здесь батисейсмы от 200 км и больше, которые не наблюдались до сих пор в других частях планеты. В предельных случаях батисейсмы достигали 600–800 км. Ясно из этого, что структура дна Тихого океана резко иная, чем других океанов (см. § 65).

75. Как можно себе представить образование *магматических очагов*? До последнего времени не было никакой выдерживающей хотя бы самую снисходительную научную критику научной гипотезы для их объяснения. Возможность научного охвата явления появилась только в последнее время. Оно всецело входит в те планетные тепловые явления, теснейшим образом связанные с химическим составом вещества планеты, изучение которых является, в первую очередь, задачей радиогеологии.

Нельзя здесь еще раз не подчеркнуть недопустимую дальше отсталость нашей геологической работы в этой области геологии. Так дальше, без глубокого вреда для дела, продолжать мыслить нельзя.

В предыдущих параграфах я уже останавливался на основном выводе современной науки, что термическая *энергетика нашей планеты* определяется в основном тремя космическими процессами (см. § 18–19): лучеиспусканием Солнца, атомной, вернее, ядерной, радиоактивной энергией и проникающими космическими излучениями. Но я хочу здесь напомнить, что то, что сейчас нам кажется яснее ясного и не вызывает сомнений – значение лучеиспускания Солнца в тепловом режиме планеты, – вошло в науку с борьбой, длившейся несколько десятков лет. Оно вошло в науку окончательно только немного более 100 лет тому назад (в 1820-х годах), после работ Фурье [8].

Роме де Лиль (Romé de Lisle, 1736–1790), глубокий мыслитель, роль которого в создании кристаллографии недостаточно оценена до сих пор, посвятил специальный интересный трактат [9] для объяснения этого для нас самоочевидного явления. Этот теперь забытый труд в свое время, в конце VIII столетия, оказал на научную мысль глубокое влияние.

Сейчас явления радиоактивности показали, что та тепловая энергия, которая связана с химическим составом вещества – с концентрацией в нем радиоактивных химических элементов, подчиненной законам земной химии, вполне, с огромным излишком достаточна для научного объяснения всех *тепловых и динамических процессов, нашей планете свойственных*.

Больше того, как указано (см. гл. VIII, § 65), гранитная оболочка, такая, как она есть, богатая радиоактивными атомами, не может продолжаться глубоко внутрь планеты: наблюдаемый тепловой (по сути, холодный) режим Земли резко этому противоречит. Если бы она продолжалась на многие десятки километров, с тем же содержанием радиоактивных элементов, то мы встретили бы расплавленную магмосферу на глубинах, на которых нет никакого признака ее существования, признака, который был бы – если бы существовал – несомненно уловлен нашей методикой.

Дело в том, что сейчас геология в нашей стране переполнена представлениями далекого прошлого, неверность и ненужность которых давно доказана, учтена мировой научной мыслью – особенно в странах Северной Америки и других с англосаксонским населением – и быстро входит в жизнь.

У нас геологи не учли, что *причина* проявлений высокой температуры на нашей планете *найдена* и спору и сомнению не подлежит. Наша планета, как и все другие, поскольку они известны, есть тело, *по существу, холодное* и

повышение ее температурного состояния вызвано двумя космическими процессами: лучеиспусканием Солнца и атомной, вернее ядерной, радиоактивной энергией. Представление о первом так глубоко проникло в науку, что мы забываем, что оно было в свое время принято с большой борьбой и вошло в науку окончательно только немного более 100 лет тому назад (в 1820-х годах) после работ Фурье, второе явление до сих пор в нашей геологической среде вызывает сомнение или иногда просто отбрасывается. Хуже всего, что молодежь, – наша научная смена, – воспитывается в уверенности, что эти сомнения являются не *научной ошибкой*, а допустимым научным скепсисом, осторожностью научной мысли. Я не знаю у нас ни одного учебника геологии для высшей школы, даже среди лучших, где бы сознание происшедшего перелома отразилось должным образом. Если я не ошибаюсь, в нашей средней школе продолжают преподавать космогонии как реально допустимые или как научные теории – представления, корни которых идут в глубь средних веков, в XVII в., которые вошли в сознание и отражают философию просвещения XVIII в. и давно, уже десятки лет, наукой отвергнуты.

Та тепловая энергия, которая связана с *химическим составом земного вещества* – с концентрацией в нем радиоактивных химических элементов, которые наблюдаются в окружающих горных породах, – вполне, с огромным излишком достаточна для научного объяснения всех тепловых и динамических процессов, нашей планете свойственных. Больше того, гранитная оболочка, богатая радиоактивными атомами, не может продолжаться глубоко внутрь планеты; наблюдаемый тепловой (по сути, холодный) режим Земли резко этому противоречит.

Особенно это недопустимо после новых крупных успехов в учении о радиоактивности, достигнутых в 1938–1939 гг.

76. Опыты над распадением тяжелых атомов – урана, тория – недавно вскрыли новые большие явления, раньше неизвестные. Они вскрыли новый фактор, имеющий, мне кажется, большое значение в геологических процессах. Они выяснили значение *нейтронных реакций* цепного характера.

И в связи с этим становится ясным, что мы должны считаться с гораздо большей интенсивностью на Земле теплоиспускания радиоактивных элементов, чем это думали, например, во время Геологического конгресса в Москве в 1937 г., когда мне пришлось в последний раз выступать с докладом по радиогеологии. Но эта большая интенсивность выражается рассеянно в отдельных ограниченных местах планеты.

В связи с этим перед нами впервые открывается надежда научно подойти к разрешению одной из основных геологических загадок, которая не получала до сих пор никакого удовлетворительного ответа и, в сущности, не охватывалась ни одной из космогонических теорий.

К решению мы не могли подойти и исходя из того, что было нам известно до 1933 г. в области радиоактивности. Но, опираясь на эту область явлений, мы уже тогда твердо знали, что наше понимание этих процессов начальное, и мы могли быть уверены, что дальнейшее движение по этому пути приведет нас к разрешению загадки. Мне кажется, что мы сейчас в радиогеологии к такому разрешению подходим.

Я говорю о *вулканизме* в широком смысле этого слова, о причинах и источниках энергии *вулканических извержений и магматических очагов*. До сих

пор геолог никакого сколько-нибудь конкретного ответа на вопрос о причинах этих явлений дать не мог. А между тем это явление ясно видно на протяжении всей геологической истории, начиная с катархея.

Нейтронные реакции, которые имеют характер цепных реакций, как показал недавно Нетцлин в Париже [10], позволяют, по-видимому, подойти к научному изучению этой проблемы. Независимо и почти одновременно Г.В. Горшковым [11] было указано и на выделение нейтронов в природе – в гранитных массивах Средней Азии, содержащих урановые соединения.

Как раз об этом мы сговаривались летом 1939 г. в Узком с ушедшим теперь из жизни крупнейшим исследователем вулканизма в нашей стране, дорогим долголетним моим другом и учителем Ф.Ю. Левинсон-Лессингом (1861–1939 гг.). Мы думали в ближайшую сессию поставить на обсуждение эту проблему. Ему не суждено было принять участие в этой работе. Но она должна быть сделана.

Температура при нейтронных реакциях может повышаться чрезвычайно быстро, в аспекте геологического времени внезапно, достигать величины многих сотен, может быть, тысяч градусов и вызывать взрывы газообразных, образовавшихся при этом веществ, воды в первую очередь, которые должны являться первоисточником вулканического извержения. Нам при этих условиях становятся понятными или получающимися наукообразное объяснение и глубокие землетрясения, идущие в области Тихого океана, и вулканы, там находящиеся, лавы и газы которых выходят на поверхность планеты с глубин нескольких тысяч метров.

Это связано с тем, что в известных условиях, в урановых, а может быть, в ториевых месторождениях [12], хотя бы под влиянием воды, начинаются мощные нейтронные реакции, которые должны быть достаточны теоретически для образования магматических очагов и начала вулканического процесса. Сила этих явлений может длиться сотни тысяч и миллионы лет в одном и том же месте [13], но все же они всегда преходящи, и явление неизбежно замирает и кончается.

Нигде мы не видим действующих вулканов, заходящих за молодое третичное время, т.е. за десяток-другой миллионов лет.

К сожалению, сколько мне известно, методика Горшкова еще не выработана в удобной форме исследования и была испробована на гранитных породах, правда, в условиях урановых месторождений. Мне кажется, Радиевый институт Академии наук, где работает Г.В. Горшков, должен поставить своей очередной задачей уточнить эту методику. Так как она требует больших масс горных пород, то нужно произвести исследование на месте, в выходах лавовых потоков. Можно ожидать, что если указание Нетцлина правильно, то и после застывания лавы замирающее выделение нейтронов может происходить в течение долгого времени, может быть, тысяч и миллионов лет.

К сожалению, мы имеем в нашей стране действующие вулканы только в пределах Камчатки. Но в пределах Кавказа мы имеем вулканы и вулканические породы третичного и, может быть, даже четвертичного времени. На них могут быть произведены первые исследования, так как доступ к ним удобен.

Во всяком случае при отрицательном результате придется в этом явлении, о котором мы почти еще ничего не знаем, перейти к исследованию современ-

ных лав и современных извержений на Камчатке, где есть Академическая вулканологическая станция.

77. Другое явление, с этим в значительной мере связанное, представляет существование на нашей планете – в земной коре – *двух типов мощных магм*, резко отличных, из которых одна – *гранитная магма*, как вытекает из геофизических наблюдений, образует *гранитную оболочку* (см. § 61). Она проявляется исключительно на суше, в шельфе океанов, в области морей, и отсутствует, как мы видели, для Тихого океана и, может быть, частью Арктического и Индийского океанов.

Проявления другой оболочки – «основных» пород – мы как бы видим в широком развитии в определенных участках суши и океана областей с вулканическими базальтическими породами и базальтических покровов – выходом мощных базальтических пород из *трещин*, а не вулканов. Эти базальтические породы богаты силикатами закиси железа.

Из того, что мы видим в Тихом океане (см. § 62–64), мы должны заключить, что *источник их лежит ниже гранитной оболочки*. Тихий океан занимает пространство больше всей суши и почти треть всей поверхности планеты (32,4%).

Хотя Тихий океан не является однородным по своему геологическому строению, и геологическая история его далеко еще не выяснена в частности, но его своеобразие, установленное Зюссом [14] в 1888 г., остается незабываемым.

Новые работы указали, что западная часть Тихого океана [15], прилегающая к Азии и к Австралии, является во многом переходной, и уже Зюсс пытался найти разделительную линию, называемую сейчас линией Зюсса, или андезитовой линией (Борн), которая проходит западнее Каролинских островов, островов Самоа, восточнее Японских, Камчатки, Алеутских, на севере до материка Северной Америки. Вдоль материка в восточной его части граница не столь ясна.

Остров Пасхи, по-видимому, принадлежит к исконному Тихому океану. Южная граница исконного Тихого океана не ясна. Возможно, она подходит близко к Антарктике. На севере Америки в Арктическом океане мы встречаемся с большими глубинами. То же дали в последнее время и исследования глубин западной Арктики.

Возможно, более детальное исследование покажет нам существование и в других океанах участков без гранитной оболочки. Было бы чрезвычайно интересно и важно изучить с этой точки зрения базальтовые поля континентов и вулканов области Исландии. Здесь можно ждать неожиданностей. Я не знаю таких измерений.

78. В области Тихого океана развиты, как мы видели, только базальтовые вулканические породы. Это есть факт наблюдения, который как таковой должен быть положен в основу наших научных суждений. Однако, обращаясь к геологической и геофизической литературе, мы видим, что в ней для объяснения высокого удельного веса земных оболочек, лежащих ниже гранитной (что указывается скоростью распространения сейсмических волн), принимается существование не базальтовой, а перидотитовой или эклогитовой оболочки. Обращаясь к первоисточникам этих представлений, мы видим, что ими отчасти только являются точные научные наблюдения, а в основном

господствуют спекулятивные геогенические представления. Они сложно отражаются на геологических фактах. Ибо базальты – и в виде извержений, и в виде трещинных выделений – являются поверхностными вулканическими, а не глубинными плутоническими породами. Но перидотиты и эклогиты не являются горными породами, в этом аспекте с ним связанными. Перидотиты, как породы, отвечающие геологической оболочке ниже гранитной, выдвинул уже в конце прошлого века Э. Зюсс [16]. Он исходил из идей А. Добрэ о том, что метеориты, являясь осколками бывших планет (и звезд), могут давать понятие о внутренних, недоступных непосредственно геологу земных глубинах. Он, исходя из существования палласитов, допускал господство там оливиновых пород и никелистого железа. Базальты в глубинных застываниях должны замещаться, по его представлениям, перидотитами или дунитами.

Эта аналогия, однако, сейчас, можно сказать, отпала. Она потеряла свою эмпирическую основу, так как происхождение метеоритов от разрушения планеты или даже звезды ничем не подтверждается и едва ли допустимо.

Метеориты являются индивидуальными космическими телами, самостоятельными созданиями Космоса, образовавшимися в полях другого тяготения, чем Солнечная система. Они принадлежат к нашей галактике (или даже выходят за ее пределы), но не принадлежат к Солнечной системе [17].

С другой стороны, все попытки Зюсса и других установить существование глубинных перидотитовых пород были тщетны. Точно так же не оказалось никаких данных об увеличении никеля в более глубинных земных породах. При этом нельзя не отметить, что Зюсс, устанавливая свою *Sima* (*Sim Mg, Fe*), сделал скрытым образом другое допущение об уменьшении алюминия в глубинных породах, что ничем не подтверждается и чрезвычайно маловероятно с геохимической точки зрения [18].

Значительно позже Эскола [19] попытался объяснить это увеличение широким развитием тяжелых метаморфических пород, богатых алюминием и лезом, типа эклогитов. Но данные не подтвердили этого предположения.

Поэтому, исходя из фактов, мы можем оставить все предположения о перидотитах и эклогитах без внимания (см. § 102) и исходить из научной гипотезы, что тяжелая оболочка ниже гранитной определяется существованием вулканической базальтовой магмы и отвечает глубинным ее проявлениям при ее застывании (см. § 102). Возможно, что тяжелые элементы, как железо, в ней увеличиваются в своем значении. Данные их удельных весов этому не противоречат, допуская в таких «базальтовых» породах увеличение железа, если это было бы необходимо. Надо обратить внимание на то, что в базальтовых покровах, например в сибирских траппах, господствует не оливин, а более тяжелый гортонолит, богатый закисным железом и относительно бедный магнием [20].

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Joly J.* Radioactivity and geologi, 1909; Radioactivity and the surface of the Earth, 1924; The surface history of the Earth, 1925.

2. Я считаю необходимым введение курса радиоактивности по крайней мере в Московском и Ленинградском университетах.

3. *Willis B.* // *Sci. Month.* 1940. Aug. P. 99.

4. См. сжатую, но превосходную сводку английского астронома Джонса: *Spenser H.J.* The atmospheres of the Planets. L., 1938.

5. *Вернадский В.* Очерки геохимии. 4-е изд. 1934. С. 58.

6. Ч. Дарвин, описывая вулкан Галапагосского архипелага, указывает, что склоны крупных вулканов усеяны множеством отверстий – побочных кратеров (*Darvin Ch. A naturalist's voyage round the world. 2nd ed. 1928. P. 377*). *Дарвин Ч. Путешествие на корабле! «Бигль». М.; Л., 1935. С. 305.*

7. *Личков Б.Л. Структуры и формы рельефа Земли как производные магмотектоники // Докл. АН СССР. 1944. Т. 14, № 8. С. 364–367.*

8. *Fourrier Ch. Mémoires sur les températures du globe terrestre et des espaces planetaires // Mem. Acad. 1827. N 7; Sur la chaleur rayonnante // Ann. chim. phys. 1817. N 4.*

9. *Romé de Lisle J. L'ation du feu central démontrée nulle à la surface du Globe.*

10. *Noetzelin I. // С. г. Acad. sci. 1939. Vol. 28. P. 1100–1662.*

11. *Горшков Г.В., Лятковская Н.М. // Докл. АН СССР. 1939. Т. 25. С. 745.*

12. Такие же явления можно ждать для тяжелых атомов, таких, как ионий и протактиний, достаточно устойчивых по длительности существования.

13. Пропуск у автора.

14. *Suess E. Das Antlitz der Erde. W., 1888. Bd. 2. S. 256–264.*

15. *Born A. Handbuch der Geophysik. В., 1933. Bd. 2. S. 759–766.*

16. *Suess E. Op. cit. 1909. Т. III. S. 625f.*

17. *Вернадский В. // Метеоритика. М.; Л., 1946. Т. 3. С. 194.*

18. *Suess E. См. 17.*

19. *Escola P. Norsk geol. tidssk. 1930/1922. Vol. 6. P. 182.*

20. Гортонолит не известен в метеоритах и весьма маловероятен, учитывая работы Прайора над химизмом метеоритов, выводы которого мне кажутся чрезвычайно вероятными. Гортонолит встречается не только в сибирских траппах, но и в других базальтовых породах (может быть, во всех?).

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Строение биосферы связано с формой планеты. Радиальные движения. Средний верхний уровень биосферы не смещается от центра планеты в течение геологического времени (§ 79). Геологические оболочки и геосферы (§ 80). Биосфера и ее геосферы (§ 81). Астрономический характер геологических оболочек и геосфер (§ 82). Резкое физико-химическое различие смежных геологических оболочек и геосфер. Только одно свойство – тяготение – однозначно меняется к центру планеты, но меняется скачками. Диссимметрия (§ 83). Термодинамические, фазовые, парагенетические и лучистые проявления оболочек и геосфер. Глубинно-планетное физическое состояние вещества глубин Земли. Особое значение термодинамических оболочек (§ 84). Организованность геологических оболочек и геосфер (§ 85). Геологическое значение радиусов геоида (§ 86, 87).

79. Геологи очень часто забывают, наблюдая реальные, очень ограниченные по объему Земли геологические процессы, что в этих процессах, в том числе и в физико-химических, их основные черты определяются прежде всего *формой планеты* как небесного тела – эллипсоида о трех осях, геоида, близкого к эллипсоиду вращения, быстро закономерно вращающегося как единое целое, – по существу его геометрией.

В вопросах биосферы мы сталкиваемся с такими основными проявлениями. Как мы видели (см. § 53–54), биосфера лежит в непрерывно в течение геологического времени подвижной части планеты, в *астеносфере*, понимаемой в широком смысле. Нас должны в связи с этим интересоваться главным образом вертикальные передвижения глыб, составляющих биосферу. Они обычно реально не являются вертикальными движениями самих глыб, но они в этой форме могут быть выражены в конечном результате для их вещества.

Для того чтобы это понять, рассмотрим, как происходит трансгрессия моря. Когда море замещает сушу во время трансгрессии, в нем отлагаются осадки, илы, которые накапливаются с ходом геологического времени. Трансгрессия – сложное явление. Очевидно, это не простое заливание морем суши. Во время трансгрессии происходит размывание берегов, идет абразия – сложная форма размыва. Процесс длится, вероятно, тысячелетия, может быть, многие тысячелетия, и в конце концов входит в дление геологического времени.

Мы в результате наблюдаем не самые осадки, а образовавшиеся при трансгрессии и особенно после ее окончания твердые *осадочные породы*. Эти породы отнюдь не образуются всегда вертикальным падением твердых частиц, согласно законам тяжести. Они могут образовываться в результате сложных движений и наносов ближайших ко дну водных масс.

В то же самое время и дно морских бассейнов подвергается движениям, которые обычно не параллельны радиусу эллипсоида. Оставляя, однако, в стороне все эти сложные движения, происходившие в реальности, мы можем заменить их более простым геометрическим построением вертикального движения по радиусам эллипсоида, поднятием или опусканием составляющих твердую глыбу масс вещества для объяснения наблюдаемого *конечного результата*, т.е. гипотетическим движением по радиусу – радиальным движением.

Двигается твердая глыба, сдвинутая как нечто целое, часто миллионы лет спустя после того, как продукты движений древней трансгрессии превратились в твердую осадочную породу.

Нам важно в данном случае положение точек вещества глыбы в тех условиях, в каких мы его наблюдаем, а не то, как данные точки в нем очутились.

Сложные движения вещества биосферы, которые мы можем выразить в конце концов в виде поднятия и опускания по вертикали, не прерываются ни на секунду; в области биосферы это явление особенно резко сказывается, так как здесь мы имеем для их выявления свободное, практически бесконечное газовое пространство – тропосферу.

Денудация сглаживает все неровности суши, горы имеют предел своей высоты, непрерывно разрушаются, и в то же время из глубоких частей планеты, глубже биосферы лежащих, непрерывно идут сложные, но которые могут быть геометрически по вертикали (т.е. радиально) выражены, смещения частиц, составляющих сдвигавшиеся земные глыбы.

Я не могу входить в анализ этих всем нам известных явлений. Но мне необходимо подчеркнуть один вывод, который может быть сделан из всех этих непрерывно происходящих движений. Я должен его подчеркнуть, потому что сейчас господствует, по крайней мере, в нашей геологической литературе, противоположное представление о сжатии Земли, т.е. уменьшении ее диаметра в длении геологического времени. Оно основано на отживших космогонических представлениях, а не вытекает из данных научных наблюдений. Оно являлось логическим следствием из представлений о расплавленной планете, образовании на ней тонкой коры при застывании и сокращении радиуса этой коры при дальнейшем охлаждении. Оно давало относительно простое объяснение существованию складок и сдвигов, которые геолог наблюдал во время своей работы.

Но эта рабочая научная гипотеза не отвечала фактам при переходе к количественным подсчетам, и теперь она должна отпасть, когда оказалось, что причина высокой температуры на нашей планете связана с радиохимическим составом земного вещества, а не с земным ядром. В этом веществе тепловая энергия распределена чрезвычайно неравномерно и местами в области вулканических очагов мы наблюдаем ее концентрацию, вызывающую нагревание выше 1000–1200° (см. § 65). Очевидно, когда *минимальная толщина* допустимой коры приближается к трем тысячам километров (при радиусе в 6600 км), ни о каких сжатиях и расширениях в планетном масштабе не может быть и речи (см. § 72).

Нигде мы не видим сплошной расплавленной массы, охватывающей всю планету. Одна из последних концепций этого рода, оказавшая огромное влияние на мировую геологическую мысль, была дана Э. Зюссом, который предполагал, что земная кора сжимается в течение геологического времени благодаря процессу дегазирования, потери планетой газов и одновременно уменьшения объема при застывании магмосферы. Количественно Зюссом эта концепция не была обработана.

Сейчас мы должны исходить из представления, что мы не видим никакого изменения в массе и в величине планеты в течение всего геологического времени. Вывод этот можно выразить так: *средний верхний уровень геохор суши и гидросферы – нижней границы тропосферы – не смещается от центра планеты в течение геологического времени*. Лучше всего это проявляется на неизменности уровня океана, т.е. величине радиуса-вектора, соединяющего данную точку океана с центром геоида. Конечно, это должно касаться только

данного геологического времени и может быть абсолютно точно только для главной массы Тихого океана.

Земля не расширяется и не сжимается в течение геологического времени, т.е. в течение больше чем двух миллиардов лет со времени катархеозоя, по крайней мере¹. За все это время физико-географические условия планеты, ее биосферы в частности, оставались теми же в основном, какие мы наблюдаем теперь. Принцип актуализма мне представляется выражением реальности.

На всем протяжении геологических явлений, научно нами охватываемых, мы видим на планете существование жизни, существование биосферы. Возможно, мне кажется, защищать это утверждение как вывод из точного научного наблюдения в пределах 2–3 млрд лет. Биосфера все это время существовала, и, следовательно, температура, химические процессы, солнечные излучения не выходили из рамок сейчас наблюдаемого: геологические перемещения, реакции в биосфере глубоких частей планеты, процессы выветривания и метаморфизма были в общем те же или были к ним очень близки. В геологии мы не видим – в пределах наблюдения – катастроф и резких нарушений устойчивости динамического уклада планеты. Если они были, мы пока никаких проявлений их в наблюдаемых явлениях не видим и можем оставить их в стороне в нашей работе.

Принцип, установленный Геттоном в 1780-х годах, нам более понятен, чем в его время.

80. Биосфера (см. гл. III), как показывает само название, теснейшим образом связана с формой планеты, и эмпирически давно, без углубления в логический анализ понятий, научная мысль и научная работа стали на эту точку зрения. Прежде всего это выявилось из обыденной жизни на понятии воздушного океана – атмосферы. Картина ночного звездного неба вначале долго входила в эту область понятий, когда, наконец, в XVI и в начале XVII в. Леонардо да Винчи (1452–1519), Джордано Бруно (1548–1600) и Галилео Галилей (1564–1642) окончательно установили отражение планеты как сферы в явлениях обыденной жизни. Они восстановили представления, которые, по-видимому, уже были достигнуты больше двух тысяч лет до них греческими и, может быть, индийскими мыслителями. К концу XVIII в. кругосветные путешествия вскрыли перед нами единство всех океанов, и “Всемирный океан” Кларэ де Флерие [2] (род. 1798 г.) вполне отвечает тому понятию, которое Зюсс [3] назвал гидросферой. В эти же десятилетия был впервые выяснен химический состав воздуха, и с этого времени атмосфера стала отвечать нашему современному о ней представлению. В это же время выявилось ясное представление о биосфере – области жизни, охватывающей атмосферу, гидросферу и сушу, высказанное впервые, мне кажется, Вик д’Азиром, крупным врачом и биологом [4]. Она была названа «биосферой» Зюссом в том же году, когда он создал понятие «гидросфера» и указал нам на продолжение тех же концентрических оболочек внутри планеты. Сейчас удобнее здесь различать два явления: во-первых, большие концентрические оболочки – геологические оболочки и, во-вторых, более дробное подразделение геологических оболочек – геосферы, понятие, созданное Меррем в 1910 г. [5].

¹ Падение космического вещества на нашу планету и уход из нее молекул, атомов и пыли в космическое пространство, по-видимому, не сказывается на ее объеме в прошедшие эоны веков [1].

И те и другие могут облекать весь земной шар, как это ярко выражено, например, в атмосфере, часть которой, прилегающая к поверхности суши и океана, резко отличается от высокой – свободной – атмосферы и является верхней геосферой биосферы – тропосферой.

С другой стороны, эти оболочки могут быть не сплошными, ярким примером чего является Всемирный океан – гидросфера, тоже одна из геосфер биосферы.

81. В биосфере удобно различать четыре геосферы.

1. *Тропосфера* – сплошная оболочка, которая идет от уровня геоида на 9–15 км вверх. Этот уровень подвижен, зависит от формы геоида и резко ограничивается от более высокой оболочки – стратосферы. Верхний уровень тропосферы, или начало стратосферы, определяется тем, что в нем температура достигает минимума [наблюдалось $-98\text{ }^{\circ}\text{C}$ под экватором, а вверх и вниз от этой границы температура повышается, доходя в пределе в отдельных случаях до $+70\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ в некоторых точках суши и в разреженном пространстве на границе ионосферы (см. § 96) превышая $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$].

По-видимому, открытие воздухоплавания в конце XVIII в. и мощное его развитие в XX в., когда человек впервые проник в стратосферу, увеличивает область биосферы, и стратосфера начинает входить в ее состав. Мы переживаем геологически новое явление, проникновение человека, млекопитающего организма, в воздушную среду, где до сих пор, помимо насекомых, царили только немногие летающие животные, и главным образом птицы.

Основным явлением, характеризующим газовую оболочку планеты, открытым в последние годы, является неизменность отношения между кислородом и азотом, которая та же в тропосфере на любой ее высоте, что и в стратосфере, тоже, по-видимому, на любой ее высоте. Это доказано пока только для нижних частей стратосферы. Раньше предполагали, что распределение газов регулируется исключительно всемирным тяготением, зависит от скорости отлета молекул O_2 и N_2 и что по мере удаления от поверхности геоида относительное количество кислорода O_2 будет уменьшаться, а азота N_2 – увеличиваться в тесной связи с их удельными весами. Наблюдаемое постоянство указывает, что мы имеем здесь дело, по-видимому, с другим процессом; таким является биогенный процесс: для кислорода хлорофилльные растения, а для азота – азотвыделяющие грибы, связанные с подземной жизнью и планктоном гидросферы. *Существует неизменное или почти неизменное веками или, может быть, даже зонами лет сложившееся динамическое равновесие.*

2. *Гидросфера* – оболочка не сплошная, средней мощности 3,8 км. В области Тихого океана, как это мы видели раньше (см. § 63), ярко выражена диссимметрия строения биосферы – резкое различие в биогеохимических явлениях жизни и, как мы видели, резко проявляющееся в глубь планеты в явлениях, свойственных Тихому океану. Как уже указано раньше (см. § 77–78), это явление не ограничивается только Тихим океаном и, мне кажется, является проявлением биосферы и астеносферы в строении планеты. Из того, что указано в § 94 (см. табл. 10 и § 101) о гранитной оболочке, следует, что она может отсутствовать и под частями других океанов, которые геологически длительно, сотни миллионов лет по крайней мере, не были сушей. Части океанов, примыкающие к континентам – *шельфы*, в ходе геологического времени являются изменчивой областью, переходящей то в океан, то в сушу и по

существо по геологическому строению отвечающей континенту. Эта область, временами относящаяся к суше и временами к гидросфере, химически должна резко отличаться, и в геохимической карте биосферы это различие выразится, вероятно, очень резко.

Вероятно, и в анализе воды шельфов это должно выражаться, хотя и в меньшей степени, и удобно выделять части океанов, примыкающие к континентам, как особую морскую, а не океаническую воду.

3. *Поверхностная часть суши континентов и островов.* Среди островов резко химически выделяются *океанические острова*, а с другой стороны, *биогенные острова*, богатые кальцием, магнием и углеродом, мощно распространенные в некоторых тропических морях шельфов и в тропическом океане.

4. *Области подземной жизни* в верхних частях связаны с тропосферой, но при углублении эта связь уменьшается и, может быть, сходит на нет. Характерна тесная связь с водой.

Подземная *водная жизнь* резко преобладает. Но одновременно живое вещество проникает нефти и другие биогенные образования: твердые каустобиолиты разного рода и разных стадий изменения. Чрезвычайно характерно, что морфологически эта жизнь в преобладающей массе принадлежит микроскопическим организмам, которые в своей биогеохимической энергии размножения и роста связаны с вращением планеты (см. ч. II).

Область подземной жизни местами проникает глубоко; там, где есть прямая связь с тропосферой, она может достигать от уровня суши глубины нескольких километров, иногда на больших участках (например, в карстовых областях). По-видимому, мы имеем здесь три формы подземного живого вещества: во-первых, такого, которое дышит в тропосфере и проникается излучениями солнца. Во-вторых, дышит в тропосфере, но лишено солнечных излучений. И, в-третьих, подземная жизнь в собственном смысле слова, которая отрезана от тропосферы, идет на глубину в 3 км и больше и тесно связана с явлениями газообразования планеты, и связана, с одной стороны, с водой и, с другой стороны, с нефтями и подземными каустобиолитами.

Живое вещество этого последнего рода мощно проявляется в строении биосферы и, возможно, играет большую роль, чем мы обыкновенно себе представляем, так как оно является одним из главных источников газообразного азота N_2 нашей тропосферы, куда постоянно этот биогенный азот поднимается из области подземной жизни (см. ч. II). Таким образом, эта последняя форма живого вещества, как это ни странно на первый взгляд, является наиболее могущественной в геохимическом отношении и отражается на сотни километров от уровня геоида – в стратосфере.

К сожалению, мы до сих пор не имеем достаточно точного морфологического научного описания этой жизни – описания семейств, родов, видов, подвидов. Это связано с тем, что еще сейчас царит предвзятое мнение, что исследователь имеет здесь дело со случайной жизнью, попавшей в недра Земли сверху и являющейся случайным жителем недр. Только в самое последнее время это предвзятое мнение исчезает [6]. Мне кажется, здесь открывается новая, может быть исключительно важная с геохимической точки зрения, глава микробиологии.

Надо отметить, что одновременно с этим основным проявлением гораздо большего геологического значения жизни, чем мы предполагали, выявляется перед нами новое в истории Земли явление – *переход биосферы в ноосферу*. Я коснусь этого вопроса в связи с состоянием биосферы (см. ч. II, гл. XXI). В *ноосфере* человек подходит, по-видимому, к таким же грандиозным проявлениям влияния живого вещества своей наукой и техникой на геологические процессы.

82. Причина образования концентрических оболочек – геологических оболочек, или геосфер, – явно связана со всемирным тяготением. Дальше идти в ее понимании мы сейчас, мне кажется, не можем. Их существование представляет для нас сложный *эмпирический факт*. Одно тяготение его не объясняет. Ясно, что это *планетное явление*, связанное с формой и движением планеты, вращением ее вокруг оси. В то же самое время на примере газообразных оболочек планет и Земли ясно, что это – динамические равновесия, созданные сложными химическими и геологическими процессами, определяющимися термодинамическими условиями среды и еще более сложными физико-химическими и биохимическими процессами планеты.

Я уже сказал (см. § 81), что для газообразных оболочек ясно, что всемирное тяготение не играет при этом ведущей роли. Важно, что успехи планетной астрономии за последние годы ярко и определенно выявили то же самое для всех без исключения планет. Ясно одно, что всемирное тяготение определяет эллипсоидальную, близкую к сферической форму планеты и ее движение в Солнечной системе. Этим путем устанавливается основной характер физико-химических и атомных процессов Земли.

Здесь на первое место наряду со всемирным тяготением выступают физико-химические и ядерные атомные свойства *живого вещества планеты*, иногда в корне нарушая выводы, которые делаются, исходя только из всемирного тяготения. Это, например, явно проявляется, как мы видели, для газообразных N_2 и O_2 атмосферы Земли (см. § 81).

Концентрические оболочки представляют резко обособленные области планеты. Это надо всегда учитывать, когда мы имеем дело с геологическими оболочками. Геологические оболочки и геосферы в самом своем существовании создаются шаровой (эллипсоидной) формой планеты и уже из эмпирического их состава ясно, что связанные с этим физико-химические реакции Земли (а очевидно, и всех планет и их спутников) определяются формой термодинамических планетных пространств – объемов, этим путем создаваемых.

83. Геологические оболочки нам известны далеко не на всем их протяжении. Оболочки, прилегающие к биосфере, известны более точно, хотя и здесь иногда более глубокие оболочки, как, например, гранитная оболочка (см. § 101), по своему химическому элементарному составу известна более точно, чем более близкие к биосфере оболочки – осадочных пород и метаморфическая. Только отчасти это связано с тем, что *гранитная оболочка* является химически более однородной, чем выше ее лежащие еще менее сплошные осадочная и метаморфическая оболочки. Мы уже видели, что такое более точное знание гранитной оболочки явилось следствием исторического хода развития геологии: искали гипотетическую земную кору (см. § 43 и сл.).

Являясь естественными телами, выделенными во время точного количественного физико-химического исследования окружающей, доступной непосредственно

редственно человеку природы, геологические оболочки могут и должны служить прочной опорой точного геологического охвата планеты.

Их существование и планетное значение есть резко определенное эмпирическое обобщение, к сожалению, далеко не охваченное теоретической научной мыслью.

Я вернусь ниже к обзору наших точных знаний о геологических оболочках и геосферах и отмечу те наросты более или менее реальных космогонических представлений, которые еще более или менее живы, историческим ходом научного знания вошли в научную мысль.

Теперь же я хочу остановиться на замечательном физико-химическом характере геологических оболочек.

Бросается в глаза *резко различное материально-энергетическое состояние вещества* геологических оболочек и геосфер. Переходя из одной оболочки или геосферы в другую, мы переходим в новый, большей частью резко отличный, мир явлений.

Есть, по-видимому, только одно явление, которое неуклонно однозначно непрерывно меняется от центра планеты к ее поверхности: проявление всемирного тяготения, выражаемое *в давлении*, неуклонно увеличивается по направлению к центру Земли и уменьшается к ее поверхности. Но и здесь резко проявляются свойства вещества; в зависимости от его плотности, удельного веса, состояния его в виде глыб; этот процесс роста тяготения происходит *скачками*. Все же ясно, исходя из удельного веса нашей планеты, что самое тяжелое по удельному весу вещество, самая удельно тяжелая оболочка должна находиться в центре планеты.

Отсутствие постоянного материального перехода определяет материальную индивидуальность геосфер и резкую их статическую обособленность.

Материальные геологические оболочки и геосферы, как это может быть ясно установлено, все не уединены друг от друга. Всюду и непрерывно идет материальный обмен атомов между смежными геологическими оболочками и геосферами. Но здесь всегда наблюдается, сколько можем судить, динамическое и статическое равновесие: состав оболочек не меняется в геологическом времени – сколько и какие атомы переходят из одной оболочки в другую, столько же других атомов возмещается из этой оболочки в исходную.

В последние годы выявляется новое явление в этой области, которое может сильно изменить наши современные представления и открыть широкие новые горизонты. Необходимо поэтому, пока характер его не станет более ясным, быть осторожным в наших дедуктивных суждениях. Оно тесно связано с Тихим океаном и вскрывает нам новую черту в строении планеты (см. § 88). Это резкое явление *диссимметрии*, к которому я вернусь позже. Не все геологические оболочки и геосферы Земли сплошные (см. § 88–89, гл. XII).

84. Можно характеризовать геологические оболочки и геосферы разным образом, исходя из характера их вещества и явлений, в них происходящих. В 1924–1934 гг. [7] я отметил удобство учитывать для их характеристики:

1) термодинамические геологические оболочки и геосферы, 2) фазовые, 3) парагенетические, 4) энергетически лучевые.

В действительности, конечно, мы всюду имеем *одну и ту же геологическую оболочку, или геосферу*, проявляющуюся нам в разном облике, в зависимости от того, под каким углом зрения мы будем к оболочке, или к геосфе-

ре, подходить, характеризуя ее с точки зрения: 1) состояний температуры и давления – *термодинамическая*; 2) так называемая «физических состояний» химических соединений устойчивого и характерного в ней вещества – твердого, жидкого, газообразного, физического вакуума, «глубинно-планетного» состояния.

Мы должны всегда помнить, что в наших представлениях о так называемых физических состояниях вещества мы имеем дело с областью явлений, которые не охвачены в нужной мере теорией и экспериментом.

Старые на вид, прочные представления только о трех состояниях материи: о твердом, жидком и газообразном состоянии – рушились в той форме, в какой они существовали в конце XIX в., рушились и не заменены новыми. Ясно прежде всего то, что вопреки тому, что принято в термодинамике XIX столетия: твердое, жидкое и газообразное состояния – в XX столетии представляется нам не только физическим состоянием, а резко *химически различным* распределением атомов, например пар, лед и жидкая вода *химически* различны, в природных процессах это сказывается очень резко. Но больше того, о *физическом состоянии* веществ земных глубин мы почти ничего не знаем, и хотя его часто геологи называют *пластическим*, или *стекловатым*, – текучим, но это состояние едва ли отвечает тому пластическому или стекловатому состоянию, которое мы наблюдаем в газовой обстановке, в которой идут наши опыты. Но оно существует в низах гранитной оболочки и в оболочках, ниже ее лежащих.

Я буду условно называть *глубинно-планетным* это состояние, исходя из того логически точного вывода, что оно должно быть свойственно всем планетам, с космической точки зрения холодным твердым телам, их внутренним оболочкам (см. § 18). Мы точно знаем, что в этой обстановке *нет ни твердого, ни жидкого, ни газообразного состояния* – и только. Пожалуй, пока лучше не идти *логически* дальше. К верному представлению мы этим путем не придем. Здесь необходим, прежде всего, новый опыт. К тому же, вероятно, в этой области меняются *химические свойства тела*, так как опыт устанавливает, что химически высокое давление действует аналогично *температуре* в термодинамических равновесиях. Но явление это еще недостаточно опытным путем выяснено.

Определяя в таком аспекте «физическое состояние вещества», мы имеем *фазовые оболочки или геосферы* [2]. По характеру наблюдаемых в них и определяющих их физико-химические явления *природных тел* – минералов, горных пород, живых организмов и т.д.; 3) парагенетические *оболочки и геосферы*. По характеру излучений энергии и материальных корпускул, могущих в них существовать и проявляться; 4) энергетически лучевые оболочки [8].

Все явления, отвечающие этим резко по существу различным проявлениям геологических оболочек и геосфер, по возможности выраженные в числах их геометрических образов в каждой геологической оболочке и геосфере, различны.

Но все же по существу одна из этих оболочек, мне кажется, может быть выделена, так как в ней, по-видимому, есть один *параметр*, резко связанный со всемирным тяготением, который *однозначен*, неуклонно увеличивается к центру планеты, правда, скачками в зависимости от характера земного вещества. Это – *термодинамические оболочки планеты*. Они определяют характер всех других.

Пока не знали о радиоактивных явлениях, думали, что тем же свойством обладает и температура планеты, но теперь мы знаем, что это не так и что мы имеем здесь несколько максимумов и минимумов. При неизменно увеличивающемся давлении от физического вакуума верхней границы газовой атмосферы – температура непрерывно уменьшается и достигает *минимума* на границе между стратосферой и тропосферой. Отсюда она увеличивается и достигает *максимума*, проходя через освещенную и согреваемую солнечными лучами твердую каменную литосферу и водную – гидросферу. В последней мы находим на ее дне *второй минимум*, а в литосфере – на континентах – достигаем *второго максимума* в тяжелой подгранитной оболочке – в сотни градусов, может быть до 1200°. Подгранитная оболочка является гораздо более мощной, чем все оболочки твердых частей планеты, начиная с области геохор и кончая гранитной. К центру Земли за пределами подгранитной тяжелой оболочки мы входим в область непрерывного понижения температуры, так как температура зависит от количества радиоактивных атомов, максимальное количество которых находится в кислых гранитных породах. В области континентов, таким образом, мы не имеем никаких оснований допускать новые максимумы температуры.

85. Как мы видели (см. § 84), мы можем рассматривать геологические оболочки (и геосферы) в четырех различных аспектах. Но все эти четыре аспекта, энергетические или материальные, реально в веществе планеты находятся в одном и том же месте.

Можно сейчас утверждать как научный факт, что наша планета состоит из *концентрических оболочек*, материально относимых к земному геоиду, устойчивых и прочных по времени, но находящихся в непрерывном, более или менее резко проявляющемся закономерном изменении и становлении в геологическом времени.

Эти концентрические оболочки находятся в устойчивом динамическом равновесии в геологическом и историческом времени, которое в отличие от механизма можно назвать *организованностью планеты*. Отличие организованности от механизма в основном заключается в том, что в ходе времени точки оболочки никогда не возвращаются в *то же самое* положение, в то же место. Они возвращаются только в *близкое*.

Говоря о концентрической последовательности геологических оболочек и геосфер, мы должны понимать их не как геометрически правильные концентрические объемы пространства планеты, ограниченные шаровыми и эллипсоидальными поверхностями. Ясную картину поверхности реальной оболочки дает, например, граница тропосферы на суше. На океане она очень приближается к пространству, ограниченному эллипсоидальной, почти шаровой поверхностью, а на суше ограничивающая поверхность чрезвычайно неправильна. Это наблюдаемый рельеф суши. В Гималаях она подымается почти на 9 км от уровня геоида (почти входит в стратосферу), а в восточно-африканских впадинах лежит много ниже этого уровня. На дне Байкала она опускается на глубину около 1000 м.

Существование диссимметрии (не сплошных оболочек) указывает (см. § 88, гл. XII), что их происхождение тесно связано с геологическими явлениями в истории нашей планеты, имеющими планетный характер. Оно отражается коренным образом на всех явлениях, имеющих место на Земле, и на всех исканиях, с Землей связанных.

86. Другое явление, связанное с геологическими оболочками, мне кажется, резко проявляется в физико-химических процессах планеты и выявляет другое геологическое выражение в ней всемирного тяготения. Это геологическое проявление *радиусов векторов планеты*, т.е. *перпендикуляров к геологическим оболочкам и к геосферам*. Во всех тех случаях, когда внутри планеты есть выход в тропосферу, более или менее свободный, все газы и жидкости, играющие основную роль в физико-химических процессах биосферы и в процессах много глубже биосферы, которые идут в глубоких местах планеты, реально имеющие хотя бы отдаленный выход в тропосферу, будут в нее попадать рано или поздно. При этом в связи со сложностью того пути, который им нужно для этого пройти, этот путь они могут проделывать неопределенно долго: многие тысячи лет и больше, так как геологическое время не ограничено и основные условия планеты – ее геологические оболочки – геологически вечны (см. § 33). Очевидно, они будут выходить в тропосферу, идя по *кратчайшим*, т.е. по возможно близким к радиусам-векторам планеты, путям, стремясь выйти в тропосферу. Газы обычно в земной коре находятся в «растворе» – жидкостях, в водах, в нефтях, в вулканических и плутонических породах – или рассеяны в них в виде эмульсий или скоплений газовых пузырей.

Подземная тропосфера идет на глубину многих километров, много глубже границ биосферы. Эта подземная тропосфера, по форме чрезвычайно сложная, но сплошная, иногда сходя почти на нет в капиллярных пространствах, а местами занимая с человеческой точки зрения огромные объемы, по-видимому, представляет сложную форму, причем в составе ее в глубинных частях, где температура приближается к 100 °С, благодаря радиоактивной теплоте, водяной пар под давлением начинает играть важную роль. Этот водяной пар, как мы видим, может находить себе выход на земную поверхность, иногда под большим давлением, как мы это видим в гейзерах и софioni в перегретом состоянии, и, с другой стороны, содержа летучие борные и аммиачные части, занимая огромные полости, являться нам в виде софioni. В областях, связанных с вулканическими очагами, мы видим те же скопления такого перегретого водяного пара, который играет огромную роль в вулканических извержениях. Это области подземной тропосферы, по-видимому, капиллярными пространствами ограниченные от основной ее массы, в биосфере они являются исключением, но когда температура под влиянием радиоактивного распада достигает сотен и больше градусов в гранитной оболочке и, особенно, своего максимума в подгранитной – состав подземной тропосферы должен резко меняться, пока может существовать газовое состояние материи. К сожалению, мы не можем при настоящем состоянии опытного знания определить даже с приближенной точностью, до какой глубины может проявляться газовое состояние материи. Глубокие батисейсмы заставляют думать, что они могут существовать на глубине сотен километров от уровня геоида, но не переходят за пределы подгранитной силикатовой тяжелой оболочки (см. § 102–103).

Кроме того, целый ряд твердых тел внутри планеты под влиянием очень сложных движений оказываются текучими, т.е. приобретают ряд свойств жидкости. Таковы, как мы теперь знаем, движения каменной соли, гипсов и других в условиях биосферы твердых горных пород, которые в меньшем масштабе, но дают то же самое явление.

Передвижения *жидких* и *пластических* масс в основных чертах должны подчиняться в общем тем же законам, что и движение газов. Это движение, однако, идет медленно и для пластических тел (как гипс, соль и т.п.) в более ограниченных размерах. Но оно должно идти, и в геологии необходимо это учитывать, так как мы видим здесь проявление земного, по существу космического, времени.

Вулканические извержения, диатремы, в своих физико-химических процессах и в ходе создаваемых ими продуктов проявляются таким же образом, иногда с большой быстротой и интенсивностью.

Эта область явлений и такая форма их проявлений, к сожалению, не привлекли к себе до сих пор достаточно серьезного внимания геологов и требуют настойчиво научной обработки и научного подхода¹.

87. Едва ли можно сомневаться, что газовые процессы, не выходящие на поверхность планеты, играют огромную роль в метаморфической оболочке. Мы имеем здесь дело, вероятно, в области магматических очагов с кремневодными (может быть, кремнеалюмоводными) газовыми массами, с газовыми растворами, химически активными, и уже на относительно небольшой глубине – нижней границе биосферы – в немногих километрах от поверхности геоида капельно-жидкая вода не существует; и водяные пары выше 100 °С (выше критической температуры – *ред.*), и газовые растворы, и аэрозоли, иногда насыщенные, могут играть основную химическую роль. Процессы метаморфизма в значительной степени с этим связаны. В этой области эксперимент сильно отстал от наблюдений и только что начинается. Это процессы, связанные с относительно высоким давлением. В области метаморфической оболочки эти давления выражаются тысячами атмосфер. Ниже гранитной оболочки на континентах температура, вызванная радиоактивным распадом, медленно падает, но, очевидно, сказывается на сотни километров.

Глубокие фокусы землетрясений в районе Тихого океана, как будто, указывают, что мы имеем в этой части планеты более глубокое проникновение внутрь планеты и газовых реакций, и высокой температуры. Диссимметрия строения планеты в этой области резко сказывается. Вне ее она проявляется в радиусах геоида.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Вернадский В.И.* // Пробл. Арктики. 1941. № 5. С. 62; Мирведение. 1932. Т. 21, № 5. С. 32.
2. *Claret de Fleurieu.* Voyage autour du Monde de M. Marchand. P., Ann. VIII. Pt 4. P. 9.
3. *Suess E.* Die Entstehung der Alpen. W., 1875.
4. *Vieq d'Azur F.* Traité d'anatomie et de physiologie. P., 1786. Vol. 1. P. 6.
5. *Murray J.* Oceans. L., 1910.
6. *Исаченко Б.Л.* Сборник к 70-летию В.Л. Комарова. 1939. С. 330; *Таусон В.О.* // Сборник памяти К.А. Тимирязева. М.; Л., 1941. С. 177.
7. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 56.
8. *Вернадский В.И.* Там же.

¹ Нельзя не обратить внимания на то, что, например, диатремы совершенно неизвестны на территории нашего Союза. Это, мне кажется, является следствием недостаточного внимания к ним наших геологов. Они не могут здесь не быть. Только недавно обратили внимание на существование софиони в районе Горячеводска. Но с этой точки зрения он не изучен. Для оловянных руд наши разведчики совершенно не принимают во внимание диатремовый тип их нахождения.

ДИССИМЕТРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК И ГЕОСФЕР

Диссимметрия – отсутствие сплошности геологических оболочек в биосфере и астеносфере (§ 88, 89). Образование впадины Тихого океана (§ 90). Радиогеологическая обстановка диссимметрии. Таблицы 7–9 (§ 91, 92). Астеносфера (§ 93).

88. Из всего раньше изложенного ясно (см. гл. XI, § 79 и сл.), что геологические оболочки и геосферы должны были бы быть сплошными в связи с формой нашего геоида. Если они реально не являются таковыми, то это должно быть следствием какого-то геологического явления, вызвавшего нарушение сплошности. Это – *область диссимметрии*. Нарушение начинается в биосфере и продолжается до подгранитной тяжелой оболочки.

Точно причина этого неизвестна, но едва ли может быть сомнение, что она связана с *поверхностью планеты, твердой и жидкой*, т.е. с биосферой. Как раз в этой поверхностной области, помимо того, что это – область живого вещества, проявляются еще два явления, основные для нашей планеты: 1) массовое проявление разных форм космической энергии из космических пространств и Солнечной системы (см. § 1 и сл.), совершенно отсутствующих в глубинных частях планеты и 2) в течение геологического времени подвижная область планеты, названная американскими геологами: Ван-Хайзем [1] *астеносферой* – «область натяжения» и Дэли [2] – «*подвижной землей*» (Mobil Earth) (см. § 55). Едва ли можно сомневаться, что космические процессы в широком их понимании, как атомные, так и гравитационные, играют здесь основную роль. Астеносфера захватывает всю геосферу и три геологические оболочки ниже ее: стратиферу, метаморфическую и гранитную, генетически связанные с биосферой (см. гл. VI), – и заканчивается в подгранитной оболочке, которая лежит на континентах ниже гранитной оболочки, а под Тихим океаном и под частями других океанов, где нет гранитной оболочки, подходит к их дну (см. § 62–64).

В моих лекциях в Сорбонне, в Париже, в 1923–1924 гг. я характеризовал эту область планеты как ее *диссимметрию* [3] – нарушение симметрии неизвестной мощной причиной, ее производящей или ее непрерывно динамически поддерживающей.

89. Мы не знаем точно причины, вызвавшей диссимметрию, но есть правдоподобные научные гипотезы, ее объясняющие. По-видимому, правильно, что проявлением ее, наиболее резким и наиболее доступным для геологических исканий, является область Тихого океана, которой уже много раз приходилось касаться. Я считаю, что геолог не может отбрасывать при этом в сторону без внимания попытки некоторых астрономов связать происхождение впадины Тихого океана с историей Луны, единственного нашего спутника. Но, с другой стороны, есть чисто геологические явления, которые делают астрономическую гипотезу ненужной и одни достаточны для объяснения диссимметрии в области Тихого океана (см. § 90). Астрономическая научная гипотеза, этого касающаяся, была высказана впервые серьезно и разработана Д. Дарвином, сыном Ч. Дарвина; она имеет свою долгую доисторию, на которой я здесь не останавливаюсь [4]. В начале этого века, в 1912 г., она обратила на себя внимание, была поддержана рядом астрономов, например Пикерингом [5], вызвала целую литературу и не сошла еще с поля научного зрения.

Недавно в новейшей сводке по планетной астрономии королевский астроном Великобритании Г. Спенсер Джонс пришел к заключению, что «к этой теории должны относиться с большим сомнением, потому, что есть очень сильные теоретические аргументы, которые заставляют думать, что Земля и Луна никогда не образовывали одного тела» [6].

К тому же геолог не может оставлять без внимания, что мы не знаем ни одной планеты, которая бы являлась двойной. Допущение же возможности существования такого тела исходит из существования двойных звезд, что, мне кажется, логически недопустимо, так как звезды и планеты резко различные, несравнимые естественные тела.

Но нельзя не отметить реальных фактов отхода Луны от нашей планеты в течение исторического и, очевидно, геологического времени. Эмпирические формулы дают возможность наблюдать это явление больше столетия (Гансен). Оно выражается в реальном геологическом явлении, которое регистрируется уже столетия в лунных приливах и отливах. С отходом Луны они медленно, но реально уменьшаются и влияют на длину наших суток, тормозя все с меньшей и меньшей силой вращение Земли вокруг своей оси. Два миллиарда лет тому назад, в археозое, скорость вращения была другой и сутки длились не 24 часа.

При наличии медленного удаления Луны существуют два представления: во-первых, представление о том, что Луна с Землей составляли как бы двойную звезду, которая постепенно расходится под влиянием Солнца, чего мы в природе не наблюдаем [7]. Но возможно и другое представление, что это расхождение совершается под влиянием еще не установившегося равновесия нашего спутника в ходе астрономического (геологического времени) с расхождением скачками – с усилением и ослаблением расхождения вследствие так называемого резонанса [8].

Дарвин предположил, что огромная впадина Тихого океана, треть всей поверхности нашей планеты с наиболее глубоким океаном, ярко проявляющимся со своими особенностями, как мы видели, среди других океанов, вызвана тем, что в этой части геоида находилось то вещество Земли, которое в конце концов образовало наш спутник – Луну.

Это геологически длительное, кажущееся нам катастрофическим явление, если мы примем во внимание длительность геологического времени, могло быть столь же не катастрофическим, как явление геосинклиналей при образовании горных цепей. Оно могло произойти много раньше тех двух миллиардов лет, которые мы сейчас можем исчислять, и могло длиться миллиарды лет. Объем Тихого океана как будто бы не противоречит этой возможности. Но и здесь чисто эмпирически вопрос пока не выяснен [9]. В 1931 г. я обратил внимание на то, что это глубокое планетное явление могло вызвать на нашей планете, если оно происходило в длительности геологического времени не катастрофически, создание особого состояния пространства-времени на нашей планете спирального процесса, который является предпосылкой для существования на нашей планете живого вещества [10]. Я тогда же подчеркнул, что эта возможность должна получить опытную основу, чего до сих пор нет. И очень вероятно, что она еще превышает ту мощность, которой мы можем достигать в нашей научной экспериментальной работе.

90. Но есть одно геологическое явление, которое из чисто геологических соображений делает ненужным все астрономические и другие представления о причине отсутствия гранитной оболочки под дном океана. Как указано в § 53, гранитная оболочка является созданием континентов, конечным результатом изменений, бывших на поверхности в геохорах частей биосферы, которые при наличии неизменности радиуса планеты (см. § 79) в длительности геологического времени метаморфизуются в конечном выражении в гранитные батолиты. Они существуют всегда под всяким континентом, возможны и под большими островками, не зависящими от континентов.

Очевидно, при таком образовании гранитной оболочки приходится сделать только одно логическое заключение: нахождение гранитной оболочки под океаном указывает, что на этом месте когда-то был так или иначе, в ту или иную геологическую эпоху геологически достаточно длительно континент. Строение дна всех остальных океанов и шельфа Тихого океана, под которым есть гранитная оболочка, вполне отвечает этому логическому выводу. К сожалению, геофизическая съемка дна океанов еще недостаточна, она произведена только в самых общих чертах.

Но есть косвенное явление – резкое отличие илов Тихого океана от илов других океанов, взятое в целом, и отсутствие в составе какого бы то ни было континента горных пород, отвечающих этим илам; оно указывает, что в области Тихого океана не было суши в течение времени, достаточного, чтобы разрушить все признаки существования конечных продуктов континентальных пород. Если исходить из Тихого океана – это время, приближающееся к миллиарду лет, может быть несколько меньше (см. § 77–78). Эмпирически мы пока дальше не можем идти.

Но я хочу сделать еще несколько общих замечаний. Во второй части я отстраняюсь подробнее в главе о симметрии на эмпирических геологических обобщениях. Я подчеркиваю значение одного обобщения, выдвинутого в конце XVIII в., – обобщения Геттона: “В геологии мы не видим ни начала, ни конца”. Очевидно, надо прибавить: «в течение геологически нам известного времени».

91. Два эмпирических научных обобщения должны быть приняты как исходные, и являются предпосылкой возможности обоих объяснений диссимметрии: 1) допущение, что все относящиеся сюда геологические явления в своей основе связаны с радиоактивностью земного вещества (см. гл. IX, X); 2) что все геологические явления, о которых дальше идет речь, вплоть до самых грандиозных, имеют место на небольшом верхнем объеме планеты, далеко лежащем от ее глубинных частей, т.е. в планетном масштабе на ее поверхности (см. § 55). Глубинные слои планеты – глубже 1000 км (наблюдение – единичный факт дает максимум 800 км), т.е. глубже 0,12–0,15 среднего земного радиуса, никоим образом не проявляются в каких бы то ни было геологических явлениях планеты. Это утверждение лежит в коренном противоречии с теми, например, идеями, которые развивал Э. Зюсс, огромное значение которого указано мною раньше, и которые до сих пор фактически господствуют в среде геологов нашей страны. Таким образом, нужно считать, что 0,88–0,85 объема планеты, т.е. почти вся она инертна и неизменна и не проявляется в геологических процессах. Сейчас проф. Б.Л. Личков [11] пришел независимо к аналогичному выводу о значении астрономических явлений для объяснения астеносферы.

Данные планетной астрономии указывают, что таково же строение всех планет без исключения. Они являются инертными холодными телами в главной своей массе (см. § 16). Это понято было только несколько лет тому назад. Как раз в это же самое время было в геологии положено начало новой ее отрасли – радиогеологии (см. гл. IX, § 71).

Химический состав горных пород дает нам возможность определения того тепла, которое неизбежно все время выделяется радиоактивными элементами. Это выделение тепла связано с разрушением атомов, причем они переходят в атомы, которые, как нам представляется теперь, в конечном результате являются инертными, тепла не выделяющими и вполне стойкими.

Большое значение для геологии имеет тот факт, что ряд из этих атомов уменьшают выделяемое ими тепло в ходе геологического времени вследствие того, что половина их распадается, длительность их временна, она много меньше длительности геологических процессов. Таков, например, актиноуран, половина которого распадается в сотни миллионов лет, тогда как геологические процессы, нами изучаемые, длятся миллиарды лет.

Радиоактивные атомы, которые имеют значение в радиогеологии, суть следующие: 19 – калий, 37 – рубидий, 62 – самарий, 84 – полоний, 88 – радий, 89 – актиний, 90 – торий, 91 – протактиний, 92 – уран и актиноуран (изотоп урана атомного веса – 235)¹ [19].

Эти элементы в течение геологического времени переходят, соответственно: в свинец атомного веса 206, в свинец атомного веса 207, в свинец атомного веса 208, кальций атомного веса 40, в стронций атомного веса 87. Самарий переходит в неодим².

Это то явление изменения химического состава нашей планеты в зоны лет, о котором упоминалось в § 19–21 гл. II и всей грандиозности которого мы сейчас еще не можем точно охватить.

Исходя из представлений Вашингтона в 1929 г. [13] и Урри в 1933–1936 гг. [14] о строении нашей планеты, В.Г. Хлопин в 1937 г. дал табл. 7 содержания радиоактивных элементов на нашей планете и то количество грамм-калорий, которое они выделяют в час [15].

Таблица 7

Выделение тепла радиоактивными элементами

Элемент	Количество в планете, г	Количество выделяемой теплоты, г/кал в час
Уран	$28,08 \cdot 10^{20}$	$22,15 \cdot 10^{16}$
Торий	$92,11 \cdot 10^{20}$	$20,27 \cdot 10^{16}$
Калий	$8,81 \cdot 10^{24}$	$8,89 \cdot 10^{15}$
Рубидий	$2,99 \cdot 10^{22}$	$1,99 \cdot 10^{14}$
Самарий	$2,62 \cdot 10^{21}$	$6,17 \cdot 10^{15}$

¹ Хотя актиноуран физико-химически с трудом отделим от урана и на нашей планете составляет около 0,07 урана по массе во всех природных урановых находениях, но мы увидим в дальнейшем, что он может иметь сам по себе большое геологическое значение, чего мы не имеем по отношению к урану (нейтроны). Надо иметь в виду, что три самых тяжелых, неустойчивых химических элемента: 90 – торий, 91 – протактиний, 92 – уран – при искусственном разложении их атомов выделяют колоссальную своеобразную энергию и дают начало целому ряду новых, частью радиоактивных серий. ²³⁵U (актиноуран) при этом дает начало 16 химическим элементам атомных весов 82–90, 127–140, часть которых очень устойчива. Мне представляется несомненным, что здесь мы имеем дело с явлением, геологическое значение которого окажется очень большим [12].

² Распадается еще цезий, который должен переходить в барий, но это еще окончательно не доказано.

В этой таблице приведены цифры только для более распространенных радиоактивных элементов. Принятие во внимание других не изменит значительно общей картины.

Длительность геологических процессов не меньше нескольких миллиардов лет. Очень часто приходится слышать о возрасте Земли, но в действительности мы не имеем никаких данных для суждения об этом, кроме космогонических представлений, едва ли имеющих серьезное значение, и правильнее будет говорить не о возрасте Земли, а о длительности геологических процессов, нами изучаемых (см. § 66). Эта длительность не превышает немногих миллиардов лет. Актиноуран распадается на половину своей массы в 400 млн лет. Уменьшение его теплового эффекта явно должно сказываться в геологических процессах в течение геологического времени. Это видно из следующей таблицы В.Г. Хлопина, которую я здесь привожу (табл. 8).

Таблица 8

Выделение тепла радиоактивными элементами 3 и 2 млрд лет тому назад

Два миллиарда лет тому назад выделялось тепла (кал/ч):		Три миллиарда лет тому назад выделялось:	
ураном I	$29,12 \cdot 10^{16}$	ураном I	$34,06 \cdot 10^{16}$
актиноураном	$27,80 \cdot 10^{16}$	актиноураном	$162,2 \cdot 10^{16}$
ториумом	$22,78 \cdot 10^{16}$	ториумом	$24,12 \cdot 10^{16}$
калием	$1,94 \cdot 10^{16}$	калием	$2,82 \cdot 10^{16}$

Работы последних лет указали нам, что распадение актиноурана должно сказываться и в другом явлении – в вулканических процессах нашей планеты (см. § 74–76).

92. Вычисления, которые мной здесь приведены, все основаны на суммарных подсчетах для целой планеты и могут иметь значение, скорее, как схемы, а не выводы точных эмпирических обобщений. Эти последние мы получаем, когда переходим в ту область планеты, в широком смысле в астеносферу, в которой мы можем опираться на конкретные эмпирические данные, т.е. в область массивных горных пород. Наши знания об этих породах, о содержании в них радиоактивных элементов могут быть выражены в следующей таблице, которая выражает годовое выделение тепла на тонну вещества и на кубический километр, принимая во внимание только уран, торий и калий. Это таблица А. Холмса 1926 г. [16], и она требует проверки и поправок (табл. 9).

Таблица 9

Тепловой эффект горных пород (кал/год на 1 км³)

Гранит	15,9	кал/10 ⁶ г	42,2	кал/10 ⁹ км ³
Гранодиорит	13,3	»	36,4	»
Базальт (покровы)	3,9	»	11,4	»
Габбро	3,9	»	11,7	»
Эклогит	1,7	»	5,8	»
Дунит	1,9	»	6,6	»

Эта таблица показывает нам, что в кислых породах, какими являются гранит и гранодиорит и которые отвечают гранитной оболочке, мы имеем количество калорий на кубический километр втрое или вчетверо больше, чем то, которое максимально может допускаться в подгранитной оболочке для основных пород. Для подгранитной оболочки, может быть, наиболее точные данные можно иметь из изучения базальтовых покровов, так как они явно выходят в своем генезисе за пределы гранитной оболочки. Но это – породы вулканические, вышедшие на земную поверхность из трещин и не отвечающие тем магмам или пластическим массам, которые лежат в подгранитной оболочке. При своем выходе на дневную поверхность они должны были захватить и переработать гранитные породы, встреченные ими на значительном участке их пути, и обогатиться радиоактивными элементами. Три другие породы – габбро, эклогит и дунит, приводимые Холмсом, основаны на представлениях, чрезвычайно гипотетических и не выдерживающих научной критики. Они должны быть отброшены.

Мы можем сейчас только допустить с большой долей вероятности, что уменьшение минимум в четыре раза количества тепла в подгранитной оболочке достаточно для объяснения теплового максимума, находящегося в верхней части подгранитной оболочки.

Этот максимум находится только под континентом и под океанами, под которыми есть гранитная оболочка (см. § 71). Недостаток точных научных данных, несмотря на огромную литературу, здесь чрезвычайно сказывается; необходимы новые измерения химического состава и радиоактивного теплового эффекта для наших базальтовых покровов, столь распространенных на территории Союза в виде сибирских траппов. Сейчас, конечно, во время борьбы за существование нашего народа и государства, эти работы не могут быть поставлены, но они должны быть выдвинуты и решены не вычислением, а эмпирически; сами породы должны быть измерены микрокалориметром (см. § 20), независимо от химического и радиологического их анализа.

93. Астеносфера на нашей планете резко распадается на две части. На большей части планеты, примерно больше двух третей, она не идет так глубоко внутрь планеты, как под Тихим океаном, примерно трети поверхности планеты. Мы можем сейчас учитывать глубину астеносферы от земной поверхности в ее наиболее глубинных проявлениях по большим землетрясениям. В области геохор и материков и прилегающих к ним океанов, за исключением Тихого, глубина фокусов землетрясений не превышает 100–150 км от уровня геоида. По Р. Ольдгему [17], фокусы землетрясений лежат на глубинах около 8 км. Для этих *эписейсм*ов редко когда глубина достигает 34 км в пределе (Т. Огава). Все землетрясения с фокусом глубже 200 км сосредоточены в Тихом океане и в прилегающих к нему островах и континентах. Правильно это было отмечено Г. Тернером, и эти землетрясения были выделены как *батисейсм*ы. Они идут главным образом с глубин, близких к 200 км, поднимаются до 100 и опускаются до 300 км. В единичных случаях максимальная глубина фокусов их достигала в Тихом океане 700–800 км – случаи очень редкие. В Тихом океане, наряду с батисейсмными, широко распространены и *эписейсм*ы.

Ясно из этих простых фактов, что толщина астеносферы в настоящее геологическое время на несколько сотен километров больше под Тихим океаном. Существование под ним вулканов с основными лавами с глубин 5 км и больше от уровня геоида, например на Сандвичевых островах, указывает, что фокусы этих извержений лежат на несколько километров глубже. Для другой части астеносферы глубина очагов вулканов не превышает 5 км (Везувий).

Отсюда можно заключить, что астеносфера едва ли доходит до 200 км в области тяжелой подгранитной оболочки. А под Тихим океаном в той же тяжелой подгранитной оболочке она заходит на 600 км и глубже. В этих глубинах температура непрерывно понижается от гранитной оболочки.

Под Тихим океаном подгранитная оболочка должна подходить к его дну¹. Глубина подгранитной оболочки, вычисленная на основании изучения глубоких землетрясений, достигает 1200 км от уровня геоида. Ниже ее мы имеем другой скачок на глубине около 2500 км. Здесь кончаются пока наши эмпирические данные о составе нашей планеты.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Van Hise*. A treatise on metamorphic. W., 1904.
2. *Daly*. Our mobile Earth. N.Y.; L., 1926.
3. *Wernadsky W*. La géochimie. P., 1924.
4. *Darvin G*. Tides and kindred phenomena in Solar system. L., 1898. 3rd ed., 1911. Рус. пер.: *Дарвин Д*. Приливы. Пг., 1922; см. также: *Вернадский В*. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 198–210.
5. *Pickering*. The place of origin of the Moon: The volcanic problem // *Popul. Astron.* 1907. Vol. 15. P. 274–287.
6. *Spencer H*. Life in other Worlds. N.Y., 1940. P. 155.
7. *Jeans J*. Astronomy and cosmogony. Cambridge, 1928.
8. *Schwinner R*. Lehrbuch der physikalischen Geologie. 1936.
9. Объем Луны около $5 \cdot 10^9$ км³, объем Океана $13 \cdot 10^9$ км³. Очевидно, надо думать, что был удален верхний слой с большей поверхности Земли, так что явление допустимо.
10. *Вернадский В*. Об условиях появления жизни на Земле // *Изв. АН СССР*. 7 сер. ОМОН. 1931. № 5. С. 633–653; *Биогеохимические очерки*. М.; Л., 1940. С. 209.
11. *Личков Б.Л.* Структуры и формы рельефа Земли как производные магмотектоники (рукопись). Частично напечатана в «Докл. АН СССР» (1944. Т. 54, № 8. С. 364–367).
12. *Anderson H., Fermi E., Grosse A.* // *Phys. Rev.* 1941. Vol. 59. P. 52.
13. *Washington H.* // *Amer. J. Sci.* 1925. May. Vol. 17.
14. *Urry W.* // *Pro. Amer. Acad. Arts and Sci.* 1933. Vol. 68, N 4. P. 125; *J. Chem. Phys.* 1936. Vol. 4, N 1.
15. *Хлопин В.Г.* *Изв. АН СССР*. Сер. геогр. и геофиз. 1937. № 2. С. 218–219.
16. *Holmes A.* 1926.
17. *Oldham R.* // *Quart. J. Geol. Soc.* 1926. Vol. 82. P. 67.

¹ Для илов Тихого океана мы имеем аномальное число радиоактивных элементов (см. § 63).

**ОБЗОР ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК И ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ
КАК ПЛАНЕТЫ**

Таблица 10 – геологических оболочек и геосфер Земли (§ 94). Электромагнитное поле Земли (§ 95). Ионосфера (§ 96). Стратосфера (§ 97). Биосфера (§ 98). Стратисфера (§ 99). Верхняя и нижняя метаморфические оболочки (§ 100). Гранитная оболочка (§ 101). Тяжелая подгранитная оболочка (§ 102). Глубинно-планетная алюмо-ферри-силикатовая оболочка (§ 103). Гипотетическое металлическое ядро Земли (§ 104).

94. Я попытаюсь свести в таблицу состояние наших знаний о геологических оболочках (и геосферах) нашей планеты, причем я оставляю в ней, по возможности, в стороне всякого рода теоретические построения и включу только то, что так или иначе вытекает из эмпирических фактов и эмпирических обобщений (см. § 84, табл. 10).

При суждении об этой таблице надо принимать во внимание резкое различие в достоверности нашего знания, правда, быстро улучшающегося. Наши знания в направлении космических просторов, концентрических геологических оболочек, лежащих выше биосферы, значительно более точны, чем знания земных глубин, что связано, конечно, прежде всего с тем, что газовая среда, с которой мы имеем здесь дело, более доступна нашему зрению и связанным с ним инструментам, основным факторам познания нами картины природы.

По мере удаления вглубь и ввысь от области жизни – биосферы, наши знания становятся все более неполными и, вероятно, через немного лет резко изменятся по сравнению с современными. Важно только не включить чего-нибудь такого, что вскоре должно быть вычеркнуто, и не пропустить чего-нибудь основного из-за лишнего скепсиса.

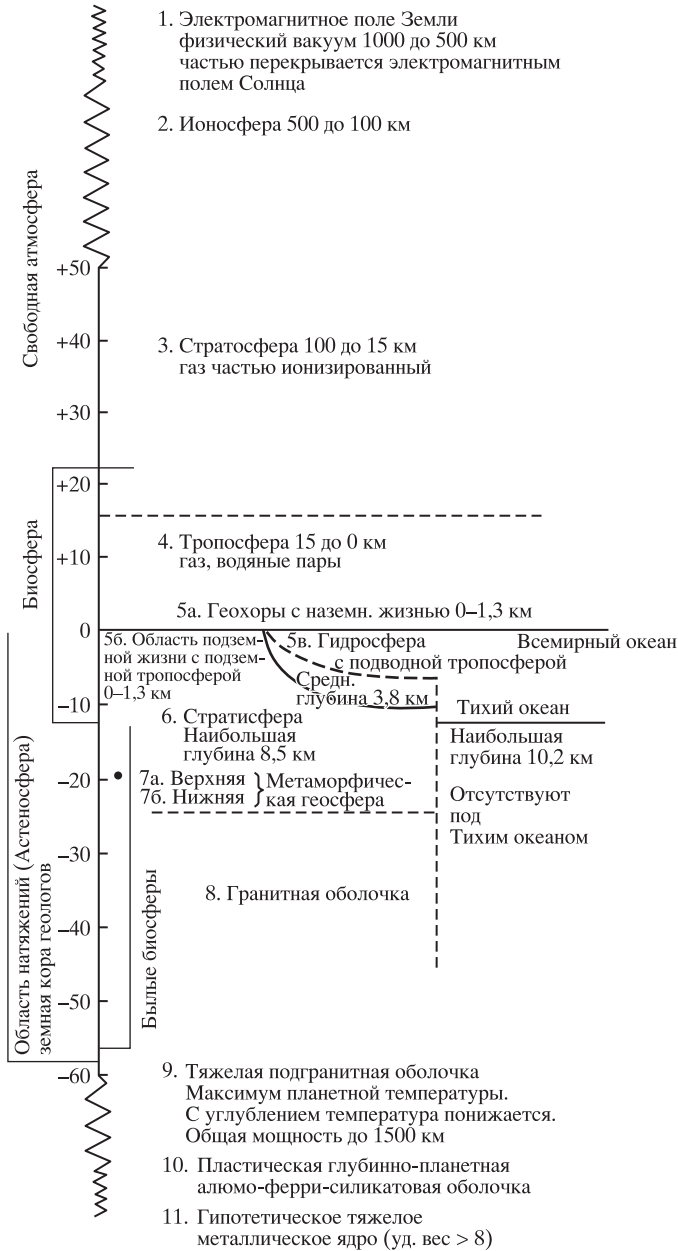
В этом – мы видим – яркое проявление планетного характера Земли, и мы можем здесь пользоваться выводами планетной астрономии: геологические оболочки Земли вполне соответствуют планетным оболочкам (см. § 8).

Я дам сперва таблицу без всяких комментариев, а затем перейду к ее разбору.

95. Так как я отдельно, во второй части этой книги, подробно разбираю биосферу, то здесь я коснусь ее только в общих чертах. По отношению к остальным оболочкам необходимо принять во внимание следующее:

Электромагнитное поле Земли – электромагнитная оболочка – выявляется в виде *физического вакуума*. Она перекрывается электромагнитным полем Солнца и простирается примерно от 300 до 1000 км выше уровня геоида [1]. Самым характерным признаком его является, что здесь в этой пустоте сказывается тяготение нашей планеты. Это для нас становится фактом из того, что такую высоту над уровнем геоида имеют самые высокие лучи полярных сияний, теснейшим образом связанных с мельчайшими материальными частицами, электрически заряженными, подчиненными тяготению нашей планеты (см. § 7). В этой области все еще недостаточно наблюдений. К сожалению, в нашей стране до сих пор не поднята нить, оборвавшаяся со смертью М.В. Ломоносова, многолетние наблюдения которого послужили основой современной теории полярных сияний.

Геологические оболочки и геосферы Земли



Эта область позволяет нам подойти к совершенно другому представлению о нашей планете, чем то, которое мы имеем, исходя из нашего впечатления на твердом веществе геохор, из которых мы наблюдаем космические просторы. Что значит, что электромагнитное поле Солнца перекрывает электромагнитное поле нашей планеты? Это значит, что в этих частях пространства нет ни

восхода, ни захода Солнца и нет всех других представлений о нем, которые возникают, когда мы наблюдаем его через газовую оболочку, нас от него отделяющую.

Вещество электромагнитного поля, мельчайшие материальные частицы, вероятно, сложным путем следуют суточному вращению планеты с большим, вероятно, запозданием. Сложность процессов, которые здесь идут, еще увеличивается тем, что здесь должно проявляться ферромагнитное поле нашей планеты, не зависящее от поля ее тяготения. Этот вопрос может быть решен изучением металлических метеоритов и металлической космической пыли. Вопрос этот будет, может быть, решен точным наблюдением. Если будут проявляться влияния ферромагнитного поля Земли на железо-никелевые метеориты и такую же космическую пыль, то в распределении их при падении на поверхность Земли должны проявляться магнитные полюса Земли и на этих местах должно быть увеличенное количество этих ферромагнитных космических тел.

В этом электромагнитном поле возможно и проникновение материальных частиц из Солнца (водород) и Галаксии. Это поле не есть инертная среда, и материально-энергетический обмен с Космосом нашей планеты начинает в нем выясняться как характерное проявление структуры планетной системы.

96. Ионосфера. Разреженный газ из атомов и ионизированных атомов. Молекулы газа отходят на второй план. Ионизаторами являются здесь главным образом [2] коротковолновая часть солнечной радиации, а затем корпускулярные излучения Солнца, космические проникающие лучи (космическая радиация) и в меньшей степени излучения радиоактивных веществ¹.

Основным методом исследования при изучении ионосферы является изучение отражения электромагнитных волн (радио) от верхних ионизированных частей ионосферы. Сильное электромагнитное поле. Космические и солнечные материальные излучения играют большую роль. Примерно от 500 до 100 км от уровня геоида [3]². *Температура повышается* непрерывно кверху. На 235,6 км, по наблюдениям Уиппля [5], она равняется 100 °С³.

Ионосфера распадается, по крайней мере, на три геосферы: 1 – слой E – Кеннели–Хевисайда на высоте около 100 км; 2 – слой F₁–F₂ – Апплетона на высоте около 250 км [7]. Временами над слоем F₂ наблюдается 3 – слой G. Возможно, что мы имеем здесь дело с очень высокими электронными облаками, быстро перемещающимися.

Максимальная эквивалентная электронная концентрация в областях F₁ и F₂ в средних широтах составляет в летний полдень около $5,5 \cdot 10^5$ электронов на 1 см³ и в зимний полдень $5,5$ – $6,5 \cdot 10^5$, тогда как в слоях E и E₁ она составляет в среднем $3,2 \cdot 10^5$ в летний полдень и $2,5 \cdot 10^5$ в зимний полдень.

В слое E решающую роль играют не электроны, а ионы, а в слое F решающую роль играют электроны. В слое E ионная концентрация достигает 10^{10} на 1 см³ в средних широтах. Ионизация слоя F значительно меньше. В слое

¹ Эмпирически проникновение радиоактивных веществ из космических пространств нам неизвестно, но этот вопрос и не ставился.

² Т.Л. Экерслей [4] принимает нижнюю границу ионосферы – 60 км, а верхнюю – 300 км.

³ Большие температуры, выше 1000°, которые иногда даются, основаны на экстраполяции и предположении об идентичном стратосфере химическом составе ионосферы, чего нет [6].

Е наблюдаются аномальные явления – более интенсивные облака, ионные и электронные.

В высоких слоях наибольшее значение имеет коротковолновая солнечная радиация, причем радиация волны 49–71 мкм вызывает ионизацию O_1 , O_2 , H_2 , N_2 , He , а радиация с длиной волны 185–290 мкм вызывает диссоциацию O_2 и O_3 (озон).

Любопытно, что наша планета на высоте 100 км от уровня геоида в геосфере Е даже среди ночи освещена Солнцем, а на высоте 250 км (геосфера F) Солнце не заходит от середины мая до конца июля [7]. В этой области другим источником энергии является Всемирное тяготение Солнца и Луны, главным образом тяготение Луны, вызывающее мощные приливы и отливы [8]. Это область полярных сияний, которые начинаются в верхней части стратосферы. Большинство полярных сияний лежит в интервале между 87–350 км над уровнем геоида. Чаще всего полярные сияния находятся на высоте 100 км и выше, т.е. у нижней границы ионосферы. Причина полярных сияний по теории, которая была дана Гольдштейном в 1879 г. и разработана Биркеляндом в 1896 г., Стермером, Вегартом, Макленом, связана с электронами, исходящими из Солнца и попадающими в полярные области Земли под влиянием магнитного поля Земли. Под влиянием этих электронов, при столкновении с молекулами газа, последние светятся. Это электрическая теория. Идея о связи полярных сияний с электричеством была высказана М.В. Ломоносовым в 1743 г. [9] и независимо от него В. Франклином в Америке в 1750 г. Многолетние наблюдения Ломоносова по своей точности сохраняют значение свое и сейчас и в свое время были использованы в научной литературе и вне нашей страны.

Открытая и изученная в XX в. ионосфера в действительности была ясно очерчена в своих основных чертах английским физиком и математиком Д. Бальфур-Стюартом [10], но его правильный вывод был понят много позже, много лет после его смерти. В разреженных газовых массах ее материальные частицы чрезвычайно отзываются на явления тяготения. Вследствие этого в ионосфере (в слоях Хевисайд–Кеннели) наблюдаются сильные лунные приливы и отливы, в несколько раз большие, чем на земной поверхности (Апплетон, Уикс, 1938 г.) [11]. Уже в начале ионосферы (на высоте 100 км) разрежение достигает 10^{-6} атм [12]. Солнечные бури в ней отзываются чрезвычайно резко [13]. Но, с другой стороны, вулканическая пыль с нашей Земли поднимается в стратосферу на высоту до 50 км и, благодаря воздушным течениям, которые в стратосфере происходят, может проникать и в ионосферу [14].

В ионосфере резко отзываются магнитные бури, связанные с солнечными пятнами, которые выбрасывают ионы в нейтральные корпускулы, которые примерно через 24 ч (согласно Апплетону в Лондоне и Брейту в Вашингтоне – 1938 г.) [15] попадают в ионосферу.

В отличие от тропосферы и даже стратосферы газы и другие материальные частицы в ионосфере чрезвычайно разрежены. По Фесенкову [16], столкновения между молекулами могут происходить только очень редко. По Б. Левину [17], средняя длина свободного пробега молекул достигает 1 см на высоте 100 км у нижней границы ионосферы и исчисляется километрами на высоте 200 км.

В этой области идет интенсивная научная работа, и наши современные представления о ней явно преходящи. Граница между ионосферой и страто-

сферой может проводиться только очень условно. Но, по-видимому, эта условность зависит от современного состояния наших знаний. Это – область непрерывного проникновения на нашу планету материальных тел как от Солнца, так и из космического пространства. Для нее констатированы такие вещества, как СН и натрий, которые не могут существовать в устойчивом виде для нашей планеты, но спектр которых открывается в спектре нашего ночного неба [18].

Для металлического натрия возможно проникновение его через метеориты, с одной стороны, так как он является характерным телом в спектре комет [19], но возможно и его земное происхождение. На Земле мы имеем образование коллоидальных натрия и калия под влиянием радиоактивных излучений (что подтверждено опытом), синеокрашенных каменной соли и сильвина. Другую возможную реакцию указывают Франк и Рике [20]: соляная пыль из океана во время вертикальной атмосферной циркуляции попадает в озоновый слой и разлагается его ультразвуковыми лучами на хлор и натрий.

Другим телом является водород, попадающий сюда, по весьма вероятному представлению проф. Л. Вегарта [21], из Солнца в связи с теми водородными бурями, которые наблюдаются в его фотосфере. Вегарт допускает, что этот водород может окисляться в воду на нижней границе ионосферы, давая ночные светящиеся облака, «серебристые» облака, генезис и состав которых до сих пор не ясен¹. Надо отметить, что серебристые облака обладают своим движением и указывают на существование ветров в этой разреженной части нашей газовой оболочки. Тщательное изучение этого явления может иметь большое значение, так как вносит поправку к абстрактным представлениям астрономов о движении в атмосферах планет материальных частиц, регулируемых только средней величиной притяжения планеты. И. Бар [23] допускает, что за нижнюю границу ионосферы E_1 удобно принять область распада молекулы O_2 кислорода, и разреженный газ в ионосфере будет состоять из N_2 и O_1 – одноатомного кислорода, который в нашей атмосфере и в стратосфере неустойчив, а в ионосфере является устойчивой формой кислорода. Это весьма вероятное представление позволяет думать, что между составами стратосферы и ионосферы существует серьезное различие. В стратосфере кислород – обычный кислород нашего воздуха, а в ионосфере – активный (ионизированный) легкий одноатомный разреженный газ.

По Пенндорфу [24], это происходит под влиянием ультрафиолетовых лучей. Температура E_1 и E_2 , по Пенндорфу, соответственно равна +67 и +101 °С. Все эти исчисления не должны приниматься а la lettre, но, несомненно, температура ионосферы высокая и превышает 100°, в некоторых ее геосферах, может быть, значительно. В ближайшие годы это выяснится.

97. Стратосфера. Верхнюю границу стратосферы часто берут условно – 100 км. Но, мне кажется, правильнее брать область обычных полярных сияний 87–100 км, так как это та область, куда в большом количестве проникают материальные частицы Солнца – *электроны*. Границы между газовыми оболочками всегда представляют собой подвижные равновесия, простирающиеся на километры. Нижняя поверхность ее – граница с тропосферой – находится в области минимальной температуры газовой массы планеты, открытой

¹ Раньше Вегарт считал, что они состоят из твердого азота [22].

Тейесеран де Бором и Асманом в 1902 г. (точка – в сущности поверхность инверсии). Эта поверхность колеблется в пределах 9–15 км от уровня геоида, наибольшая мощность стратосферы у полюсов. Наименьшая наблюдавшаяся температура на поверхности инверсии $-98\text{ }^{\circ}\text{C}$ (на Яве, в Батавии).

Температура *кверху непрерывно повышается.* Однако к границе ионосферы, по-видимому, снова наблюдается понижение температуры и второй минимум до $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ на высоте 80–85 км от уровня геоида [26], по наблюдениям Уиппля (1938 г.). Как раз на этой высоте наблюдаются так называемые серебристые облака [27] (см. § 96).

На высоте 43,4 км температура равна $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [28]. Вероятно, эта область повышенной температуры совпадает с геосферой сравнительно слабо ионизированного слоя D, приблизительно на высоте около 55 км, открытого Добсоном и Линдеманом и подтвержденного Апплетоном, Мильном и др. Повышение температуры связано с озоном. Над Индией слой D выражен резко на высоте 55 км.

Это так называемый озоновый экран (Фабри) [29], имеющий огромное значение, так как благодаря ему может существовать жизнь на нашей планете. В нем между 32 и 48 км над уровнем геоида сосредоточен озон, который, если бы был выделен, взятый в чистом виде, составил бы тонкий слой в один дюйм толщиной при нормальном давлении и комнатной температуре [30]. Озоновый экран поглощает все ультрафиолетовое излучение длиной волны меньше 0,000014 дм.

Длинные радиоволны не проникают в ионосферу, распространяются в пределах между земной поверхностью и слоем D днем, а ночные доходят до E.

Газовый состав разрежается кверху с неизменным, тем же, что и в тропосфере, отношением N_2/O_2 , независимым от высоты над уровнем геоида. Как уже указывалось (см. § 81), постоянство этого отношения доказывает, что прежнее объяснение состава атмосферы, которое связывало его только с всемирным тяготением и, следовательно, с уменьшением кислорода (O_2) как более тяжелого газа с высотой, неверно.

Это постоянство связано с процессами, идущими в биосфере. Пары воды в стратосфере, по-видимому, отсутствуют. Человек проникает в нижние слои стратосферы, и туда же проникает связанная с его культурой видимая и невидимая жизнь. Это новый геологический фактор, создаваемый в XX столетии. Стратосфера начинает по-новому связываться с биосферой, в нее входит (см. гл. XXI) [31].

98. Биосфера. Как мы увидим, это изменение низов стратосферы связано с новым явлением, переходом биосферы в новое ее состояние, в ноосферу (см. § 81). Здесь я не буду останавливаться более подробно на биосфере, которая будет рассмотрена мною во II части. Отмечу только два явления. Биосфера представляет собой: 1) область максимальной изменчивости, наблюдаемой на нашей планете, и 2) в ней сплошность геологических оболочек, с которой до сих пор мы встречались, впервые нарушена. Это нарушение, может быть, произошло с какими-нибудь большими событиями в истории нашей планеты, или, что мне кажется вероятнее, выявилось очень медленно и незаметно, в длении времени и стало заметно через миллионы лет, связано с отсутствием континента в области диссимметрии в течение сотен миллионов

лет (см. § 72–73), коснулось только жидкой и твердой ее части и не отразилось на газообразной тропосфере.

Тропосфера – газообразная часть биосферы – осталась ненарушенной и охватывает всю планету. Но в области диссимметрии тропосфера резко изменяет свой физический и химический характер и разно проявляется в области геохор и в гидросфере, где она проникает весь океан, не подчиняясь гидростатическому давлению, образует «подводную тропосферу».

В этой подводной тропосфере резко сказывается различная «растворимость» в морской воде разных газов, главным образом кислорода и азота (см. ч. II, гл. XVII). Гидросфера обогащена кислородом, что имеет огромное значение в истории живого вещества. В области геохор она меняет свой химический состав, теряя кислород и увеличивая количество углекислоты на некоторой глубине ниже *кислородной поверхности*, давая «*подземную тропосферу*».

Ниже тропосферы ярко проявляется диссимметрия: с одной стороны, имеем Всемирный океан – *гидросферу*, – покрывающий 70,8% поверхности планеты, с другой, на одном с ним уровне эллипсоида имеем третью геосферу биосферу – сушу, область геохор, с наземной жизнью. Обе непосредственно соприкасаются с тропосферой, отделяя ее от более глубоких частей планеты и изменяя ее указанным выше образом. Ниже них идет так называемая литосфера, мозаично захватывающая три оболочки: стратисферу, метаморфическую и гранитную (см. § 60) под всей областью и под значительной частью гидросферы, за исключением Тихого океана (см. § 62–64)¹.

Мощность *гидросферы* в среднем 3,8 км, мощность твердой части литосферы, занятой жизнью области геохор и более глубоких частей твердой биосферы, точно неизвестна, но в общем в среднем больше 3 км от уровня суши². Таким образом, общая мощность биосферы – от 12 до 16 км. Под всей суши – континентами – оболочки, от стратисферы до гранитной включительно, существуют. Под дном Тихого океана их нет. По-видимому, местами их нет и под дном океана Арктического, а может быть и Индийского. Вся биосфера, включая тропосферу во всех ее формах, находится в непрерывном движении и вся целиком входит в астеносферу, захватывающую верха подгранитной оболочки.

Температура свободной *тропосферы* *кверху понижается* до нижней границы стратосферы – поверхности инверсии (см. § 97), температура *гидросферы понижается* от ее границы с тропосферой книзу неравномерно, скачками. Температура *стратосферы* (литосферы), с проникающей ее подземной тропосферой, *повышается книзу*, неравномерно, в зависимости от распределения в ней радиоактивных элементов, т.е. связана с химическим характером горных пород. Есть, по-видимому, зависимость и от тектонических явлений.

¹ Возможно, мне кажется, что литосфера захватывает и тяжелую подгранитную оболочку. Это видно, с одной стороны, в том, что вулканы островов Тихого океана дают основные лавы даже в пределах шельфов Японии, например, а с другой – на это указывают выходы в целом ряде мест по трещинам вулканических пород: базальтов и сибирских траппов на огромных протяжениях.

² Б.Л. Исаченко для пурпурных серобактерий в пластовых водах в Сураханах считает минимальную глубину – больше 2 км – как временную (см.: Сборник к пятидесятилетию В.Л. Комарова, 1939. С. 330).

Так, в северной части Центрального Техаса форма геоизотерм находится в зависимости от рельефа докембрийского фундамента [32]. Характер кристаллического фундамента резко сказывается; так, например, по Ван-Орстранду, в скважине в Тироне (штат Нью-Йорк) фундамент расположен на глубине 7,92 км от земной поверхности.

В первой скважине геотермическая ступень в 27,3 градуса находится на глубине 533 м, а в Фермонте – на глубине 2285 м.

Состав тропосферы в основной ее части – отношение N_2/O_2 – меняется в подводной тропосфере. Оно определяется различной растворимостью кислорода и азота в морской воде. Кислорода относительно больше, чем в свободной тропосфере, что имеет большое значение с точки зрения живого вещества.

В подземной части тропосферы кислород обычно исчезает. Нижняя граница его определяется *кислородной поверхностью*. Ниже – резко создается азотно-углекислотная подземная атмосфера.

Одно космическое явление характеризует биосферу. Здесь заканчивается, по-видимому, проникновение проникающих космических радиации в вещество нашей планеты. Они охватывают всю тропосферу, проникают в гидросферу, вернее, в ее верхние слои, 1–3 км по крайней мере, и на сотни метров входят в твердое вещество суши. К сожалению, экспериментально вопрос этот мало выяснен, нижняя граница их не установлена.

Вещество биосферы резко и глубоко неоднозначно [33] (см. § 38): живое, косное, биогенное и биокосное. Живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы, действенная его энергия, по сравнению с энергией косного вещества, уже в историческом времени огромна. Живое вещество есть самая мощная геологическая сила, растущая с ходом времени. Оно живет не случайно и независимо от биосферы, но есть закономерное проявление физико-химической ее организованности. Его образование и существование есть ее главная геологическая функция (см. ч. II).

Живое вещество резко обособлено от окружающей косной среды в форме миллиардов организмов, размеры которых колеблются от сотен метров (наибольшие находятся в гидросфере) до 10^{-6} см. Они представляют собой автаркические центры энергетических и физико-химических процессов и непрерывно связаны с окружающей средой биогенной миграцией атомов этой среды в них и из них (см. гл. III, § 38).

Значительная часть биосферы состоит из биокосных тел. Такими являются все скопления живых организмов: леса, поля, планктон, бентос, почвы и морские илы, все земные воды, кроме некоторых рассолов, но даже и в них, как, например, в Мертвом море, микробная жизнь существует. Организованные биокосные тела занимают значительную часть по весу и по объему биосферы. Их остатки, после гибели организмов, их составляющих, образуют биогенные породы, которые образуют огромную часть стратисферы.

Но, кроме того, мы встречаем на каждом шагу мелкие биокосные тела разнообразнейшей формы, которые в общем балансе биосферы играют видную, незаменимую роль.

Таковы, например, воды, собирающиеся в дуплах или листьях, тончайшие биоценозы бактерий и воды, рассеянные в виде пленок и тонких корок, разрушающие в конце концов скалы. Такими же биокосными телами являются

бесчисленные, взятые в отдельности ничтожные, но взятые в совокупности мощные геологические активные силы структуры коры выветривания (§ 51; подробнее о биосфере см. ч. II).

99. Стратисфера – выделенная Э. Зюссом оболочка осадочных, главным образом морских и обломочных, биогенных, а также терригенных пород. Эта оболочка не охватывает всей планеты. Под глубинами гидросферы (в области Тихого океана и т.п.) (см. § 63) стратисфера отсутствует, но главной по объему и массе областью ее создания являются нижние области шельфов и дна океанов, где кончается биосфера, за исключением красноватых илов Тихого океана¹, измененные остатки которых отсутствуют в стратисфере.

В течение геологического времени осадочные породы, которые могли бы создать стратисферу, если бы все отложения сохранились с начала кембрия (500 млн лет) и до конца кайнозоя, могли бы создать мощную земную оболочку в 120,6 км [34].

В это число не входят континентальные отложения, т.е. породы, которые создаются на суше и которые до последнего времени выходили из поля зрения геологов по своему значению и в существенной части (за исключением пресноводных отложений) выпали из расчетов Шухерта. За последнее время на значение их обратил внимание и подчеркнул их геологическую роль в создании биосферы и стратисферы проф. Б.Л. Личков.

Но благодаря непрерывно шедшим денудационным процессам, в то время как стратисфера была на поверхности геохор, когда она входила в биосферу, которые ее смывают, с одной стороны, а с другой стороны, внизу – благодаря метаморфическим процессам, связанным с повышением температуры, с вертикальным углублением в вещество планеты, породы стратисферы перекристаллизовываются и переходят в твердые метаморфические породы. Благодаря этому мощность стратисферы в вертикальном разрезе едва ли превышает и когда-либо превышала несколько километров. Породы ее образуют глыбы и не лежат перпендикулярно к радиусу-вектору планеты, попадая в биосферу, благодаря непрерывным орогенетическим и тектоническим процессам.

Повышение температуры происходит от двух причин: с одной стороны, в зависимости от геотермической ступени, а с другой – в некоторых участках стратисферы – от находящихся в ней магматических очагов и скоплений горячих газов.

Характерной чертой стратисферы, в верхние части которой живое вещество может попадать только случайно и временно, а в низах которой оно не может существовать, является характер ее вод. Температура стратисферы должна колебаться в таких пределах, в которых живое вещество в ней не может играть сколько-нибудь значительной геологической роли. Этот предел колеблется между 80–100 °С, где живое вещество умирает. Местами температура повышается (около магматических очагов) и превышает 100 °С. Это должно сказываться в характере вод, которые играют большую роль и должны иметь химический состав, резко отличный от вод биосферы. В 1929–1934 гг. в «Истории природных вод» я отметил эту огромную область нашей Земли, в которой в природных водных растворах кремний и алюминий играют роль, которой они не имеют в областях планеты, изученных с точки зрения истории

¹ И местами других океанов.

воды. Воды эти имеют газовый состав из азота, углеводов и, вероятно, временами сероводорода. Это один тип вод.

Второй тип – это глубинные воды, богатые металлами и серой, должно быть, азотно-сероводородные, может быть содержащие метан и углеводороды, может быть углекислоту (тиоуглекислоту?).

Это воды цинковые, медные, серебряные, свинцовые, железные, никелевые, кобальтовые, висмутовые, мышьяковые, сурьмяные и т.п. Мы знаем об их существовании лишь из наблюдений над строением жильных месторождений.

Еще третий тип вод, по-видимому, несомненно, существует и играет видную роль в истории воды. Это фтористые (фтористо-кремниевые?) воды, вероятно азотные или азотноуглекислые [35].

Мы можем изучать эти воды только в тех твердых продуктах – минералах и горных породах, с которыми мы встречаемся в биосфере, и можем только заключать о характере этих вод из изучения этих твердых их отложений. В 1939 г. проф. П.Н. Чирвинский, восстанавливая палеогеогеологию вод, проверил этот характер вод стратисферы для Хибинского массива и пришел к следующему заключению: «В Хибинском массиве констатируется наряду с первой господствующей группой вод также примесь вод последних двух групп, иначе говоря, имеются следы всех трех групп, которые выделяет В.И. Вернадский среди вод больших глубин, лежащих за пределами стратисферы» [36]. Едва ли можно говорить здесь о водах, лежащих за пределами стратисферы, так как температура за пределами стратисферы лежит выше точки кипения воды и растворов.

Относительно химического состава стратисферы можно сказать, что мы его не знаем, так как числа, даваемые Кларком и другими исследователями, не могут считаться точными и едва ли могут быть серьезно учитываемы.

Перед войной в Биогеохимической лаборатории Академии наук был поставлен этот вопрос как реальная задача. Надо надеяться, что нам удастся ее провести после изгнания вторгнувшегося на нашу территорию врага.

Едва ли те данные, которые имеются в литературе, могут быть серьезно учитываемы (см. гл. XIV). Дело в том, что в расчеты гранитной оболочки, которая является самым ценным результатом многолетней работы XIX–XX вв., стратисфера входит как ничтожная часть. Ее данные почти целиком попадают в пределы точности чисел гранитной оболочки.

Температура медленно повышается с глубиной; средняя геотермическая ступень в разных местах различна, в Европе и в Северной Америке она равна в среднем 1 °С на 30–40 м. К сожалению, геотермические наблюдения огромного научного и практического значения в нашей стране являются случайными (см. § 59).

Температура кипения воды достигается в разных местах на разной глубине, уже в немногих километрах вниз от уровня земной поверхности.

Одновременно начинает проявляться и давление. Уже в стратисфере мы встречаемся с некоторыми горными породами, как каменная соль, гипс и другие, которые при этих термодинамических условиях теряют некоторые свойства твердых тел и являются текучими¹.

¹ В геохронах такую пластичность проявляют ледники и льды.

По месту в планете в стратисфере должны входить (см. § 58) (так же, как и в биосфере) поднятые благодаря орогенетическим и тектоническим движениям глыбы метаморфической и гранитной оболочек.

Уже в стратисфере, на небольшой глубине от уровня геоида, мы встречаемся с верхними проявлениями магматических очагов расплавленных пород, переполненных горячими газами и гидроаэрозолями, которые по каналам могут идти из более глубоко лежащих магматических очагов (некки, диатремы). По-видимому, образование их связано с нейтронными реакциями. Но эта рабочая гипотеза еще требует точной проверки (см. § 74 и сл.).

По-видимому, эти магматические очаги в еще большем количестве встречаются в метаморфической оболочке. Размеры этих магматических очагов могут исчисляться сотнями и тысячами километров.

100. *Верхняя и нижняя метаморфические оболочки* отсутствуют под Тихим океаном и, вероятно, под некоторыми частями Арктического и, может быть, Индийского океанов. Благодаря относительно высокой, постоянно медленно поднимающейся температуре, проявляющейся уже в стратисфере и усиливающейся по мере углубления, непрерывно увеличивающемуся давлению и непрерывному проникновению горячих растворов и газов снизу, главным образом в виде аэрозолей, все вещество стратисферы перекристаллизуется в ходе геологического времени и переходит в очень определенные, новые минералы и их комплексы и образуемые ими метаморфические породы, *метаморфическую оболочку*. В ней начинают резко проявляться термодинамические свойства, помимо химических, которые вызывают свои атомные перегруппировки в минералах, телах, которые могут устойчиво существовать только в этой твердой области планеты. Это область явлений, в которой все три хорошо нам известные фазы – физические состояния вещества: твердое, жидкое и газообразное – обуславливают картину ее природы. По мере углубления и увеличения температуры и давления большинство минералов, строящих горные породы стратисферы и биосферы, не могут здесь существовать и переходят в новые химические тела.

Работы главным образом Бекке указали, что в общем можно различить две метаморфические оболочки: *верхнюю и нижнюю*. В нижней геосфере резко выступают проявления давления. Мощность метаморфических оболочек различна в разных местах. Кристаллические решетки и молекулы нижней геосферы характерны своей компактной атомной структурой, т.е. большим удельным весом (работы Д.С. Коржинского).

Последние работы Биогеохимической лаборатории 1941 г. показывают, что в этих процессах атомный вес химических элементов в этих минералах может быть смещен, что пока доказано только для тяжелого кислорода ^{18}O [37], количество которого увеличивается.

101. *Гранитная оболочка* отсутствует, как указано, под Тихим океаном и, вероятно, частями других (см. § 77). К сожалению, это явление, основное в строении планеты, не учитывается достаточно нашими геологами, и не поставлено систематическое плановое его исследование, что вполне может быть сделано.

Новая Океанографическая комиссия Академии наук должна поставить как одну из своих основных задач выяснение распространения гранитной оболочки в частях Тихого и Арктического океанов. Но работа не может идти

без участия геологов, геофизиков и геохимиков (см. § 56). Каждый геолог знает, что на суше гранитная оболочка в результате тектонических явлений подходит к земной поверхности или даже на нее выходит.

В Финляндии, на Скандинавском полуострове, на Южной Украине, в Канаде она выходит на земную поверхность. Это есть резкое проявление «подвижной земли» Дэли. Ниже, если мы будем бурить в этих местах, мы не выйдем за пределы гранита, на несколько километров глубины, по крайней мере.

Эти части суши будут резко проявляться на той геохимической карте, создание которой является задачей этой книги. Здесь она будет отвечать кларковской гранитной оболочке, но это выразится в *изохимических линиях* (см. § 41, 42), которые будут отвечать каждому химическому элементу в этой карте. Очевидно, геологически эти гранитные массы отвечают биосфере и в ней находятся.

В европейской части Союза верхняя граница ее едва ли где-нибудь лежит глубже 10–12 км. В Ленинграде она выходит почти на поверхность – сто с лишним метров, в Москве – между 4–3 км.

Ее мощность может исчисляться 35–40 км, но эти цифры ненадежны. По-видимому, есть общий перерыв механических свойств на континентах, на глубине около 60–63 км от уровня геоида.

По-видимому, мы местами здесь уже встречаемся с состоянием вещества, вызывающим невозможность образования твердых горных пород. Физически это уже не гранит, но химически он ему отвечает, и возможно, что эта «пластическая» масса содержит тот процент воды, который отвечает, согласно опытам Горансона, термодинамическим условиям этой оболочки.

Температура застывания гранита при условии, что вода в нем сохраняется, не достигает тысячи градусов. Для пегматитового расплава начальная температура, по сводке А.Е. Ферсмана, должна быть порядка 800–700 °С [38]. Но эти цифры выведены из данных наблюдений, а не опыта, и, следовательно, в значительной степени должны являться гипотетическими, хотя и кажутся вероятными. Синтез гранита, в отличие от других горных пород, до сих пор не сделан. Пока опыт не будет поставлен, все наши числовые данные будут вызывать сомнения. Опыт этот лежит вполне в пределах наших возможностей.

Гранитная оболочка является конечной фазой изменения процессом гранитизации метаморфической оболочки, может быть иногда прямо осадочной (см. § 61).

Это понимание вошло в значительной степени под влиянием работ И. Сердгольма [39] над финляндским архейским гранитным щитом. Процесс гранитизации связан не только с действием температуры и давления, но и с приносом постороннего вещества в виде летучих соединений, существование которых проявляется в региональном метаморфизме. Так как гранит до сих пор искусственно не получен, то пока эти представления основаны только на научном наблюдении.

Пегматитовые разности гранитов чрезвычайно богаты летучими соединениями, и они широко распространены в гранитных массивах [40]. Ясно, что по существу это есть измененное на глубинах вещество бывших когда-то биосфер.

Такое происхождение этой оболочки отражается прежде всего на том, что магма – расплавленная масса, которая дает нам гранит, богата водой

(см. § 61). Дэли [41] считает, что расплавление этих пород идет неглубоко от земной поверхности, на 400–600 м. Но этот подсчет является пока чисто гипотетическим и едва ли отвечает действительности. Правда, это приводится как минимум. Вегман [42] дает среднюю глубину гранитизации 5–6 км.

Гранит образуется в течение всего геологического времени. Самые молодые граниты третичные. Огромные массы гранита сосредоточены в криптозое.

102. Тяжелая подгранитная оболочка. Ниже гранитной оболочки (за исключением Тихого океана, где она подходит к его дну, следовательно, на несколько километров от уровня геоида, в среднем 4,2) лежит тяжелая подгранитная оболочка, так названная мною ввиду того, что все существующие представления о ее физико-химическом и петрографическом характере являются явно неверными или вызывают серьезные сомнения, как, например, «дунитовая», «перидотитовая», «эклогитовая» и т.д.

С геохимической точки зрения такое название, связанное с двумя предположениями, вошедшими с легкой руки Э. Зюсса, назвавшего ее *Sima*, т.е. богатой Si и Mg, недопустимо (см. § 78). Мы не имеем никаких оснований допускать уменьшение с глубиной количества алюминия и увеличение количества магния.

Надо отметить, что магматические очаги, едва ли выходящие на поверхность планеты, должны получать в ней еще большее значение, так как за пределами гранитной оболочки в тяжелой подгранитной оболочке мы встречаемся с *максимумом температуры нашей планеты*. Здесь (и в нижележащей оболочке) могут играть большую роль сжатые аэрозоли, типические свойства которых нам едва известны.

Необходима здесь правильно поставленная систематическая экспериментальная работа над свойствами вещества при больших давлениях, которая в нашей стране совершенно отсутствует. Она идет, и то не в достаточной степени, в Соединенных Штатах Америки и до войны шла в Париже [43]. По-видимому, в этой области максимальной температуры лежит на материках нижняя граница «области натяжений», активной, действенной, подвижной, ломающейся и передвигающейся, твердой, но в глубинном положении вязкой астеносферы (см. § 93).

В гранитной оболочке мы встречаемся с конечным материальным изменением биосферы, и уже в подгранитной тяжелой оболочке на суше мы входим в область, которая чужда нам и которую с трудом мы можем себе представлять (см. § 18, 65).

Едва ли здесь можно говорить о горных породах. Вероятно, мы встречаемся здесь с пластическими, медленно охлаждающимися к уровню геоида гомогенными образованиями, в которых молекулы химических соединений существуют, а мельчайшие монокристаллы, их кристаллические решетки благодаря высокому давлению деформируются. Тела, здесь находящиеся, едва ли отвечают известным нам алюмо- и феррисиликатам. Переход от гранитных пород в подгранитную оболочку, температура которой достигает максимума, вероятно, совершается постепенно, и возможно, что в верхней части подгранитной оболочки мы имеем еще горные породы.

Это касается суши. Под дном Тихого океана и тех частей других океанов, где нет гранитной оболочки, мы должны иметь дело с основными горными

породами, которые отвечают этой оболочке и нигде не выходят на земную поверхность.

Давление, которое здесь получается, недостаточно, чтобы вещество этих пород перешло в глубинно-планетное состояние. По допустимым представлениям Урри и Пиггота (1941), красный ил Тихого океана идет на глубину нескольких десятков метров. Ниже должны встретиться горные породы, отвечающие подгранитной тяжелой оболочке. Так как осадочные породы, отвечающие красным илам, нигде в пределах суши не встречаются, то *не могут встречаться в геологических разрезах континента лежащие ниже их плутонические породы*. Как я уже указывал (см. § 77–78), возможно, что отвечающими им вулканическими породами являются вулканические породы базальтовых полей, химический состав которых изменен прохождением через гранитные породы. Дальнейшие исследования должны выяснить эти возможности.

Итак, наиболее простым представлением, основанным на эмпирических фактах, хотя это и не всегда бывает правильным, но как рабочая гипотеза наиболее кажется близкой к реальности, было бы предположить, что верхняя часть *подгранитной тяжелой оболочки* состоит из глубинных аналогов тех пород, которые образуют на земной поверхности базальтовые поля. Мы нигде не встречаем их в доступной нам биосфере.

Вероятно, здесь на суше лежит область инверсии температуры, и температура начинает книзу понижаться. Эта поверхность, вероятно, совпадает с изостатической поверхностью, которая резко выражена на континенте. Эта поверхность отделяет поверхность твердых горных пород, физически неоднородных, от однородной пластической массы глубинно-планетных образований. Она выражается, вероятно, в виде *изостатической поверхности*, которую геофизики принимают на глубине 120 км [44].

Широко распространенные сейчас в геологии представления об этой оболочке требуют коренной перестройки и явно не отвечают современному уровню знаний. Несомненен один факт – большой удельный вес этой оболочки: 3,5–4,5 вместо 2,3–2,6 гранитных пород. Глубже 60 км от уровня геоида вещество становится резко пластическим, и твердое состояние химических соединений неотлично от жидкого и газообразного. Мы имеем здесь дело с глубинно-планетным веществом, химически отвечающим базальтовым породам. Мы не имеем здесь дела с горной породой, так как горная порода состоит или из твердого стекла или из твердых кристаллов, размеры которых превышают 10^{-5} см. Текучие, медленно охлаждающиеся массы основных алюмо- и феррисиликатовых тел под сушей должны отвечать глубинным аналогам базальтовых выделений.

Химически они должны отличаться от дунитов и перидотитов тем, что закись железа в значительной степени должна заменять в них окись магния, а окись железа – окись алюминия. Геохимически нет ни малейших указаний на большую роль магния и на резкое уменьшение значения алюминия. Наоборот, значение алюминия и – особенно – железа должно увеличиваться. Силикаты, алюмо- и феррисиликаты основных окислов, в том числе и тяжелых, – закиси железа, надо ожидать, будут играть большую роль с углублением в глубь планеты. Их кристаллические ячейки, не существующие в качестве монокристаллов, но не разрушимые давлением (какое здесь имеет место), должны

отвечать идентичным плотным молекулярным структурам. Каолиновые тетраэдры (AlO_4), (SiO_4), (FeO_4) и их аналоги должны господствовать [45].

Прав проф. И.И. Заславский [46], который отметил, что силикаты и алюмосиликаты областей больших давлений должны отвечать другим телам, минералам, чем обычные полиморфные разновидности силикатов, нам известные.

Небольшой наблюдаемый скачок плотности глубинного материала планеты не позволяет, при полном отсутствии других указаний, предполагать существование резкого изменения его химического состава: силикаты, алюмо- и феррисиликаты кальция, магния, железа, натрия, калия, надо думать, должны по-прежнему резко преобладать.

Ниже этой поверхности, в оболочке тяжелых силикатовых образований, где, можно думать, преобладают Si–Al–O–Fe, температура *с углублением должна понижаться*, ибо, насколько известно, источник теплоты – количество радиоактивных атомов – заметно непрерывно уменьшается с углублением внутрь планеты.

В пластическом силикатовом веществе должны сохраняться газовые проявления – иначе нам непонятны пока смещения вещества, связанного с глубинными землетрясениями в районе Тихого океана на глубине *сотен километров (больше 800) от уровня геоида*. Тяжелая подгранитная оболочка идет до глубины, по крайней мере, 1200 км.

103. Глубинно-планетная алюмо-феррисиликатовая оболочка. Наши понимания этих явлений становятся очень гипотетичными. Если существует металлическое ядро планеты, то возможны два представления.

Увеличение в ней феррисиликатов, существование тяжелых металлических выделений, вроде как в палласитах – это последнее мнение было высказано недавно многими учеными (Тамманом [47], В. Гольдшмидтом [48], А.Е. Ферсманом и др. [49]). Мне кажется, сравнение с метеоритами никакой опоры этой точке зрения дать не может, так как генезис палласитов нам совсем неизвестен, не связан с планетами [50] и до сих пор синтетически палласит не удалось получить [51]. Опыты синтеза были произведены в середине и во второй половине XIX столетия, когда методика была еще маломощна [52]. Надо вновь исследовать эту область явлений современной методикой.

Если верна мысль В.М. Гольдшмидта, что палласиты образовались в областях другого тяготения, много меньшего, чем то, которое мы имеем в окружающей нас земной среде, что и мне представляется весьма вероятным, то из этого придется сделать выводы, противоречащие существованию палласитовой оболочки, допускаемой Гольдшмидтом на нашей Земле.

Ибо во внутренних частях нашей планеты мы имеем резкое *усиление силы тяготения*, а не ее уменьшение, как это мы должны допускать в космических пространствах, в областях проявления палласитов.

Конечно, здесь вопрос может быть решен только опытом, так как всегда возможно логическое допущение, что в тех формах, в которых они к нам доходят, они являются обломками космического тела, во время образования которого поле тяготения было очень сильное. Я не думаю, чтобы мы здесь явления тяготения могли заменить эйнштейновской кривизной пространства.

Мне кажется, можно с большой точностью допускать по геофизическим данным, что эта тяжелая глубинно-планетная алюмо-феррисиликатовая оболочка идет до глубины, по крайней мере, 2500–3000 км от уровня геоида.

Следовательно (см. § 28), можно считать, что «земной коры» в прежнем представлении сторонников когда-то расплавленной планеты не существует, и никаких эмпирических указаний на высокую температуру этих земных глубин мы также не имеем.

104. Гипотетическое металлическое сдавленное ядро планеты может быть принято во внимание как весьма вероятное, но научно не установленное пока представление. Высокий удельный вес нашей планеты и резкое его магнитное поле как будто указывают на весьма большую вероятность его существования. Но все-таки это не факт.

Если учитывать магнитное поле Земли и связь его с α -железом, то температура не может быть выше точки Кюри: переход ферромагнитного α -железа в парамагнитное β -железо. Точка перехода – 760 °С [52] при нормальном давлении. Опыты Бриджмена [53] показали, что при десятках тысяч атмосфер точка Кюри повышается, но не в значительной степени.

Надо, однако, заметить, что влияние давления на точку перехода недостаточно изучено. В физико-химических реакциях мы знаем, что давление действует аналогично температуре и полиморфные различия резко химически различны. Как это различие будет выражаться для самородных элементов и при огромных давлениях в центре ядра, доходящих до сотен тысяч атмосфер, нельзя предвидеть. Мы знаем, например, для мышьяка, что его полиморфные различия бывают металлическими и, с другой стороны, резко прозрачными, стекловатыми, диамагнитными. Тут необходим правильно поставленный научный опыт.

Но есть другие обстоятельства, которые не позволяют считать все эти соображения реальностью без поправок.

Надо отметить, что вычисленный удельный вес металлической части должен быть больше 8 [54], принимая во внимание давление. Удельный вес чистого ферромагнитного железа 7,5. Приходится допустить сплав железа с более тяжелым элементом. Им не может быть ферромагнитная разность α -никеля, как это думал уже Добрэ и допускают Гольдшмидт и Тамманн, так как удельный вес никеля для этого недостаточен [55].

Но, помимо этого, теперь, мне кажется, становится совершенно ясным, что допущение существования ферромагнитного ядра не может объяснить магнитного поля Земли, вернее, магнитно-электрического. Причину его надо искать в другом направлении.

Вопрос не может считаться решенным, но существование тяжелого металлического ядра основывается на данных, независимых от магнитного поля Земли. А мы знаем, что удельный вес, при обычном давлении и температуре, выше пяти наблюдается в земном веществе *только в телах металлического состояния*. Это не случайность, но реальный факт большого эмпирического значения, мы должны с ним считаться. Металлическое состояние не только свойственно чистым металлам, но и соединениям.

Причина земного магнетизма сложная и до сих пор не выяснена точно.

Другой вывод мне кажется более прочным. Температура ядра планеты при допущении железного ядра не может превышать нескольких сотен градусов – точки П. Кюри. Но она должна быть значительно ниже. Все природные земные и космические минералы группы самородных железа и никеля заключают ничтожное количество радия и других радиоактивных элементов. В то

же самое время работы Э.К. Герлинга [56] указывают, с другой стороны, что эманационная способность этих минералов чрезвычайно мала и что практически в миллиарды лет потеря гелия может не приниматься во внимание¹. Отсюда следует, что, если металлическое ядро существует, его температура, связанная с радиоактивностью, должна быть ничтожна. С точки зрения основной причины повышения температуры в земной коре металлическое ядро может быть совершенно холодным.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Первалов В.* // *Природа*. 1940. № 8. С. 87 и сл.
2. *Оболенский В.И.* *Метеорология*. М., 1939. Ч. II. С. 268.
3. *Balfour-Stewart D.* 1882.
4. *Eckersley T.L.* // *Nature*. 1941. Vol. 148. P. 364.
5. См. статью: *Paneth F.* *Composition and temperature of the upper atmosphere* // *Nature*. 1939. Vol. 143. P. 1074, где он приводит наблюдения *F. Whipl'a*.
6. *Martin D., Pully O.* // *Proc. Nat. Inst. Sci. India*. 1936. Vol. 1. P. 131.
7. *Оболенский В.И.* *Метеорология*. М., 1939. Ч. II. С. 301–305.
8. *Chapman S.* // *Nature*. 1941. Vol. 147. P. 792.
9. См. примеч. 1.
10. Д. Бальфур-Стюарт.
11. *Nature*. 1938. Vol. 142. P. 78.
12. *Натансон С., Сытинская Н.* // Тр. Конф. по изучению стратосферы. М.; Л., 1935. 473 с.
13. *Nature*. 1938. Vol. 142. P. 965.
14. *Калитин Е.* // *Природа*. Т. 138, № 11/12. С. 17.
15. *Nature*. 1938. Vol. 142. P. 965.
16. *Фесенков В.Г.* // *Астрон. журн.* 1939. Т. 16, вып. 6. С. 57.
17. *Левин Б.* // *Докл. АН СССР*. 1939. Т. 25, № 5. С. 372.
18. *Cabannes J., Dufay J., Gauzit J.* // *Nature*. 1938. Vol. 142. P. 719.
19. *Dufay J., Gauzit J.* // *J. phys. et radium*. 1934. Vol. 5. P. 523–601.
20. *Franck J., Rieke C.A.* // *Astrophys. J.* 1939. Vol. 89. P. 463.
21. *Vegart L.* // *Nature*. 1939. Vol. 144. P. 1090.
22. *Vegart L.* // *C. r. Acad. sci.* 1923. Vol. 176. P. 947–950, 1488–1491.
23. *Bahr J.* // *J. Phys. Oroc. Ind. Assoc. Cultivate Sci.* 1938. Vol. 12. P. 363–386.
24. *Penndorf R.* // *Naturwissenschaften*. 1940. Bd. 28. S. 751.
25. *Первалов В.*, см. примеч. 1, 9.
26. *F. Whipple*.
27. *F. Whipple*.
28. *F. Whipple*, 1939.
29. Об озоновом экране см.: *Chapman S.* // *Nature*. 1931. Vol. 128. P. 464; *Whipple F.* // *Nature*. 1935. Vol. 135. P. 698.
30. *Spenser H.* *Life on other worlds*. N.Y., 1940. P. 73.
31. Новый обзор о стратосфере: *Penndorf* // *Meteorol. Z.* 1941. Bd. 1.
32. *Gutenberg B.* *Internal constitution of the Earth*. N.Y.: L., 1939. P. 146–147 (статья *Van Ostrand'a*).
33. *Вернадский В.* *Проблемы биогеохимии*. Вып. 2. О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел биосферы. М.; Л., 1939. С. 10.

¹ Последние опыты Панета и его сотрудников (*Nature*. 1942. Vol. 149. P. 235) доказали для металлических метеоритов не только то, что гелий в них сохраняется, т.е. кристаллическая решетка не изменяется, но не изменяется и количество торона. Это резко выразилось в том, что металлические метеориты дали нам максимальное время своего существования свыше 7 млрд лет, когда в земных телах мы встретились с большей длительностью, чем 2 млрд лет. Из этого вытекает новая текущая задача – определить длительность металлических минералов новой методикой Панета.

34. *Schuchert Ch.* // Bull. U.S. Nat. Res. Council. 1931. Vol. 80. P. 12.
35. *Вернадский В.* История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод. Л., 1933. Ч. 1, вып. 1. С. 199.
36. *Чирвинский П.* // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1939. С. 35; Пробл. сов. геологии. 1933, № 8; Тр. Сев.-Кавк. ассоц. науч.-исслед. ин-тов. 1939. № 56. С. 235–247.
37. *Вернадский В., Виноградов А., Тейс Р.* // Докл. АН СССР. 1941. № 6. С. 574–577.
38. *Ферсман А.* Пегматиты. М.; Л., 1940. С. 41–42.
39. *Sederholm J.* On migmatites and associated Pre-Cambrian rocks // Bull. Commiss. géol. Finlande. 1923. Vol. 1, N 56; 1926. Vol. 2, N 77; 1934. Vol. 3, N 107; *Backlund H.* // Geol. fören. Stockholm förhandl. 1938. Vol. 60. N. 2. S. 177.
40. *Ферсман А.* Пегматиты. М.; Л., 1940. С. 41–42.
41. *Daly R.* Igneous rocks and the depths of the Earth. N.Y., 1933. P. 126.
42. *Wegmann C.* // Geol. Rundschau. 1935. Bd. 26. S. 305–350.
43. *Michel-Levy A.* См. примеч. 10 к гл. VII.
44. *Лазарев П.* // Вести. АН СССР. 1941. № 1. С. 32.
45. *Bragg M.* The structure of silicates. 1932.
46. *Saslowsky I.* Tschermaks mineral. und petrogr. Mitt. 1933. Bd. 43. P. 144–155.
47. *Tammann G.* Zur Analyse der Erdinnern // Z. anorg. Chem. 1923. Bd. 131. S. 96; 1924. Bd. 134. S. 269.
48. *Goldschmidt V.* // Naturwissenschaften. 1930. Bd. 47/49. S. 999.
49. *Ферсман А.* Геохимия. Л., 1933. Т. 1. С. 267 и сл.
50. Пропуск у автора.
51. О неудаче опытов над синтезом метеоритов в 1880-х годах говорит *S. Maunier.* См.: Les météorites. P., 1884. P. 2 (Encyclopedie chimique. 1884; Т. II).
52. *Curie P.* Oeuvres. 1908. P. 306.
53. *Bridgman P.* // J. Geol. 1936. Vol. 44. P. 653–669.
54. Предполагаемая плотность металлического ядра планеты: *V. Goldschmidt* – больше 8 (*Videns. selsk. Skr.* 1922. Vol. 4); *E. Wiechert* – 8, 4 (*Phys. Z.* 1910. Bd. 2. S. 294); *Williamson* и *Adams* – свыше 10.
55. Вполне допустимо, что в центре планеты, в тех условиях, о которых только что говорилось, могут концентрироваться самые тяжелые тела данной планеты. Открытие в звездах ультратяжелых тел, 1 см^3 которых может обладать массой, отнесенной к воде, равной сотням тысяч и даже миллионам единиц, позволяет думать, что существование максимально тяжелых тел на каждом небесном теле, в том числе и в планете, не есть случайность. На нашей планете самыми тяжелыми телами являются тела платиновой группы, в частности иридий. Возможна их концентрация в железном металлическом ядре.
56. *Герлинг Э.К.* Гелиевый метод определения возраста и его применение для определения возраста пород и минералов в Северной Карелии // Тр. XVII сес. Междунар. геол. конгр., 1937. М., 1940. Т. 4.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАШИХ ЗНАНИЙ
О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК И ГЕОСФЕР**

Оценка химического состава гранитной оболочки планеты Филлипса-Кларка-Фохта и др. Таблицы 11–15 (§ 105–109). Осадочные породы по Кларку и др. Таблица 16 (§ 110, 111). Одиночные реальные попытки определения химического состава осадочных пород в отдельных точках. Таблицы 17, 18 (§ 112) В.Н. Чирвинского и др.

105. Прежде чем перейти к химическому составу биосферы, необходимо остановиться на тех химических эмпирических данных, какие мы имеем для геологических оболочек, лежащих выше и ниже биосферы.

Некоторые из них могут уже сейчас быть химически охарактеризованы, и сейчас в этой области идет большая работа; сейчас это не *tabula rasa*, и можно думать, что недолго придется ждать, когда мы сможем здесь стоять на твердой почве. Сейчас этого еще нет, но мы можем к этому подойти в значительной мере; достаточно ясен путь, каким надо для этого идти.

Прежде всего я остановлюсь на наших знаниях об оболочках, лежащих ниже биосферы в твердой среде планеты, в так называемой литосфере. Название это я не употребляю, так как без него можно обойтись, но так как оно очень распространено, я не могу с этим не считаться.

Прежде всего я остановлюсь на *гранитной оболочке*, так как для нее мы имеем количественные данные для всех химических элементов.

Как мы видели (см. § 43 и сл.), таблица Филлипса–Кларка–Фохта, приведенная к нынешнему уровню знаний, отвечает в первом приближении *гранитной оболочке*. Можно рассматривать ее генетически как метаморфизированную и магматизированную область былых биосфер (см. § 53). В окончательной обработке таблицы Кларка–Вашингтона (1924) были приняты во внимание не только данные для территории Соединенных Штатов, которые преобладали при начале его работы. В последней переработке этой таблицы Кларком и Вашингтоном [1], которая общепринята как основа всех дальнейших исчислений состава земной коры, были положены в основу следующие средние данные анализов:

а) анализы массивных пород, сделанные до 1 октября 1918 г. в лабораториях Геологического комитета США в Вашингтоне (Op. cit. P. 25);

б) среднее, вычисленное А. Гаркером [2] (1899–1904) из 536 анализов массивных пород британских месторождений;

в) 1811 анализов Вашингтона [3], породы взяты на всех континентах;

г) среднее данное А. Кнопфа [4]; Кнопф основывался на данных Дэли (1914), исходившего из типичных пород Соединенных Штатов; Кнопф вновь их критически переработал.

В 1917–1922 гг. Вашингтон и Кларк пересмотрели 8602 анализа, из которых 5159 анализов были приняты во внимание и распределены по территориям, по возможности по континентам.

Отвечающая этому табл. 11 дает возможность критически подойти к тому материалу, на котором построена таблица Кларка–Вашингтона (табл. 11).

**Средний состав массивных (изверженных – Igneous Rocks) пород
по Кларку–Вашингтону [5]**

Элемент	Среднее для массивных пород	Среднее по отдельным территориям								
		A	B	C	D	E	F	G	H	J
		Северная Америка, 1709 ан.	Южная Америка, 138 ан.	Европа, 1985 ан.	Азия, 312 ан.	Африка, 419 ан.	Австралия, 387 ан.	Новая Зеландия и тяготеющие к ней острова, 134 ан.	Полинезия, 72 ан.	Антарктический континент и прилег. острова, 103 ан.
SiO ₂	59,14	60,19	61,34	59,84	61,02	56,02	60,16	58,04	50,03	53,66
Al ₂ O ₃	15,34	15,76	15,20	15,12	15,97	15,68	14,74	15,30	15,41	16,82
Fe ₂ O ₃	3,08	2,87	3,03	3,17	2,92	3,48	2,60	3,83	3,88	4,01
FeO	3,80	3,67	3,30	3,67	3,21	4,41	4,41	3,99	6,23	5,34
MgO	3,49	3,16	3,47	3,61	2,76	4,04	3,76	3,95	6,62	4,67
CaO	5,08	4,80	4,88	4,97	5,17	5,87	5,03	5,39	7,99	7,59
Na ₂ O	3,84	3,90	4,09	3,73	3,69	4,60	3,50	3,78	4,00	3,58
K ₂ O	3,13	3,07	2,69	3,40	2,99	3,07	3,03	2,93	2,10	2,32
H ₂ O	1,15	1,01	1,05	1,24	1,24	1,25	1,19	1,70	1,16	0,93
TiO ₂	1,05	1,01	0,56	0,83	0,62	1,14	1,01	0,71	1,96	0,87
P ₂ O ₅	0,30	0,26	0,11	0,23	0,18	0,27	0,26	0,19	0,25	0,17
MnO	0,12	0,10	0,12	0,08	0,15	0,05	0,15	0,09	0,15	0,03
Остальные	0,48	0,20	0,16	0,11	0,08	0,12	0,10	0,10	0,12	0,01

При таком распределении данных из чисел Кларка–Вашингтона ясно видно, что существуют резкие территориальные различия в среднем химическом составе массивных пород (Igneous Rocks), которые должны быть приняты во внимание, так как указывают, что состав «литосферы» Кларка–Вашингтона территориально резко неоднороден. Критически оценивая эти территориальные средние и обращаясь к наиболее резко по химическому составу отличным их проявлениям, ясным становится, что средние числа для пород, примыкающих к области Тихого океана (см. табл. 11, H, J), резко отличаются от всех остальных [5] (см. табл. 11, A, B, C, D, E, F, G). Таким образом, мы видим здесь *резкое разделение на две группы* (табл. 12). С одной стороны, I – среднее Кларка для всех его территориальных групп, за исключением двух последних: Полинезии и Антарктики; с другой – II – среднее для этих двух групп.

106. Из рассмотрения табл. 12 совершенно ясно видно, что для Полинезии (72 ан.) и для Антарктики (103 ан.) мы имеем дело не с гранитными породами, а с породами основными или к ним близкими. Но, более того, при изучении бросается в глаза еще другое, новое, не обратившее на себя достаточного внимания петрографов, большое, по-видимому, геохимическое явление – резкое увеличение процента железа, магния и кальция в этих частях планеты в области горных пород Тихого океана (табл. 13).

Таблица 12

Средний состав массивных пород (Igneous Rocks) по группам территории (в %)

Элемент	I	II	Элемент	I	II
SiO ₂	59,51	51,84	K ₂ O	3,02	2,21
Al ₂ O ₃	15,33	16,11	H ₂ O	1,24	1,04
Fe ₂ O ₃	3,13	3,94	TiO ₂	0,84	1,41
FeO	3,81	5,78	P ₂ O ₅	0,21	0,21
MgO	3,54	5,39	MnO	0,106	0,16
CaO	5,16	7,79	Остальные	0,13	0,06
Na ₂ O	3,90	3,79			

Таблица 13

Содержание железа, магния и кальция в вулканических и плутонических массивных породах Тихого океана (в вес.%)

Элемент	I	II	III	IV
	Среднее Кларка для всех массивных пород	Пределы колебаний (A, B, C, D, E, F, G) во всех областях, кроме Тихоокеанских	Полинезия (H)	Антарктика (I)
Fe	5,13	4,51–5,82	7,35	6,83
Mg	2,09	1,66–2,42	3,97	2,80
Ca	3,26	3,41–4,17	5,67	5,49

Мы имеем здесь резко выраженное различие, связанное с Тихим океаном (см. § 62–64) и прилегающими частями континента (Антарктического), которое указывает на глубокое химическое изменение массивных пород в этих участках планеты. Глубокое отличие в количестве железа, магния и кальция в этих двух типах изверженных пород резко выражается в том (см. табл. 13), что средние проценты содержания железа, магния и кальция района Тихого океана нигде не перекрываются средними их процентами других областей планеты. При этом надо отметить, что это мало отражается на количественном составе щелочных металлов – калия и натрия. А между тем петрографы для горных пород, взятых в планетном масштабе, выделяли *калиевые и натриевые* провинции, оставляя без внимания железо, магний и кальций. Калиевые и натриевые провинции, мне кажется, ушли или уходят в прошлое петрографии и едва ли представляют реальное явление.

Но явление, которое выясняется в таблице Кларка, по-видимому, позволяет пойти глубже, требует внимания. Я не могу здесь на этом останавливаться, но считаю, что, основываясь на нем, можно сделать выводы, которых не сделал Кларк.

107. Полученный нами сейчас вывод надо учесть, с одной стороны, с точки зрения его влияния на цифры таблицы Кларка, как они даны в его книге [6], а с другой стороны, – по существу дела. Для этого удобнее выразить их в элементах, а не в окислах, причем я приведу во внимание в дальнейшем изложении числа Кларка массивных пород, за исключением пород Тихо-

Состав массивных пород (Igneous Rocks) по элементам (в %)

Элемент	А	В	С	Элемент	А	В	С
O	46,42	46,78	44,85	K	2,58	2,51	1,83
Si	27,59	27,97	24,36	Mg	2,09	2,12	3,23
Al	8,08	8,13	8,54	Ti	0,721	0,58	0,97
Fe	5,08	5,12	7,20	P	0,158	0,09	0,09
Ca	3,61	3,68	5,53	H	0,130	0,14	0,11
Na	2,83	2,89	2,80	Mn	0,125	0,07	0,12

океанского района. Переведенные в элементы эти числа выразятся следующим образом (табл. 14).

В этой таблице А – средние числа Кларка [8], В – средние числа Кларка, за исключением района Тихого океана (см. табл. 12), а С – средние числа пород Тихоокеанского района (см. табл. 12).

В этой таблице чрезвычайно важно, что числа А и В очень близки; максимальные отклонения наблюдаются только для титана, фосфора, водорода и марганца, но едва отражаются (максимально для Si) для господствующих элементов земной коры. Для огромного большинства выводов можно, следовательно, пользоваться таблицей Кларка, как она была им дана, не считаясь с той поправкой, которая здесь вводится.

Мне кажется, что этот частный пример показывает нам, с одной стороны, что суммарное абстрактное вычисление среднего состава массивных пород приводит к выводу, который сглаживает резкое различие между составом массивных пород Тихоокеанского бассейна и остальных континентов. Для того чтобы получить более правильную величину, основываясь на факте резкого различия, надо учитывать состав массивных пород территориально и исходить из структурного значения Тихого океана в химическом строении нашей планеты. Это структурное значение выразилось в линии Зюсса [7] (см. § 77).

Данные таблицы Кларка–Вашингтона для литосферы очень мало затрагивались дальнейшими исследованиями. Основные цифры не трогались. К ним прибавлялись только новые элементы, которые Кларком не были приняты во внимание. Кларк принял во внимание данные для 18 элементов [9]. Он считал, что на все остальные элементы приходится 0,5%.

Полученный Кларком и Вашингтоном результат, отвечающий гранитной оболочке, хотя одновременно с гранитными породами брались и основные, заслуживает большего внимания, чем это обычно делается. Научная рабочая гипотеза, мною поставленная, что гранитные породы являются сложным телом и в среднем отвечают переплавленным былым биосферам (см. § 50), указывает, что на континентах ближе к земной поверхности основные породы в течение всего геологического времени играют второстепенную роль и мало влияют на среднее полученное число, т.е. они в общем здесь отсутствуют.

108. Гораздо важнее другой вывод, который приходится из этого сделать.

Сейчас в Геологическом институте Академии наук идут пересчеты состава горных пород в связи с петрографическими задачами. Было бы важно, чтобы была учтена и геохимическая проблема в ее геологическом аспекте.

Надо получить средний состав массивных пород нашей территории от западной ее границы до островов и берегов Тихого океана, причем надо учитывать петрографический состав массивных пород, с одной стороны, по отношению к Тихому океану, а с другой – по отношению к характеру тектонических процессов. Как указывают, на территории нашего Союза чрезвычайно слабо выражено, если выражено, германотипное проявление орогенеза, которое выражено в значительно большей степени в Западной Европе, чем у нас. Я не вхожу здесь в рассмотрение, насколько это заключение правильно.

Важно здесь представление, что в строении Евразии западная и восточная ее части довольно резко отличаются в ходе геологической своей истории: на западе Евразии выступают орогенетические построения палеозоя, на востоке – альпийские, гораздо более молодые. Нельзя отрицать, что это может сказываться на химическом составе господствующих в обоих случаях горных пород.

Но главное значение такого подсчета лежит в огромном долготном протяжении территории нашего Союза. Территория его захватывает от 21°40' восточной долготы до 168°30' западной долготы, всего 169°10' как раз в тех областях, где суша, с одной стороны, является преобладающей на территории планеты, а с другой стороны, она граничит на всем этом протяжении с Арктическим океаном, возможность отсутствия под которым в заметной его части гранитной оболочки уже указывалась, и с Тихим океаном, где ее на значительной его части нет. Здесь можно ждать любопытных и своеобразных геохимических проявлений. Очень важно обратить при этом внимание на железо, кальций и магний и на области траппов. В таком масштабе континента на самом большом из них – Евразии – учет не делался.

Надо сказать, что как раз сейчас очень увеличилось и быстро увеличивается в нашей стране [10] количество анализов горных пород, достаточно точных, и эта работа вполне осуществима. Она должна быть поставлена как важнейшая проблема в порядок дня для геохимии в Геологическом институте.

Ибо в действительности в мировом подсчете химического среднего состава массивных горных пород фактически выпала у Кларка, не получила того веса, который имеет в реальности, очень важная часть планеты, наиболее *континентальная* Евразия, т.е. самый большой континент Земли. Вся территория нашей страны почти не представлена, недостаточно данных для Китая и южной части Азии. Западная Европа представлена лучше, но она вместе с Японской империей, принятой Кларком во внимание, не выражает, конечно, химического характера Евразии. При таком учете надо принять во внимание данные новых анализов для нашей страны, необходимо воспользоваться новым материалом, полученным после работы Кларка. Это не представляет особенного труда и реально вполне осуществимо.

109. Гранитная оболочка Кларка–Вашингтона, в которой сведены более старые работы, т.е. твердая литосфера (по Кларку и Вашингтону примерно до 16 км) за вычетом осадочных пород в их понимании, сыграла, как я уже указывал (см. гл. V), огромную роль в научном атомизме, охватившем все естествознание. Химики и физики широко ее использовали и пришли к очень важным выводам, как с точки зрения атомов, так и с точки зрения физических и химических явлений общего характера. В то же самое время минералогии и геологии, среди которых работа И. Фохта в Тронтгейме [11] должна быть

отдельно отмечена, пришли к тому, что таблица Кларка–Вашингтона включает все химические элементы, является теперь полной, многократно проверенной.

Мне пришлось принять участие в этой работе, критически пересмотреть материал несколько раз (с 1924 г.) [12] и такая же работа, в сущности сейчас коллективная, была сделана независимым пересмотром материала многими другими для отдельных элементов, а в общей форме А.Е. Ферсманом [13] с 1912, В. Гольдшмидтом [14] с 1923, супругами Ноддак [15], Биогеохимической лабораторией Академии наук СССР [16] и другими. Эта таблица дает нам состав магматических пород, как вулканических, так и плутонических, в зависимости от их распространения в земной коре, в среднем, одной из гранитных пород, близкой к гранодиоритам. После 1924 г. новые данные, систематически связанные с породами, вне регионального их распространения, были даны Гольдшмидтом (с 1934 по 1938 г.). Я привожу здесь таблицу Кларка–Вашингтона массивных пород за вычетом Тихоокеанского бассейна (см. табл. 14, § 107) и таблицу Гольдшмидта для изверженных пород 1938 г., поскольку она полна. Я принимаю во внимание весовые проценты, а не атомные, так как в геологических, а не в астрономических подсчетах, такой геохимический расчет имеет большее значение, чем атомный (табл. 15).

110. Для других оболочек Кларк и Вашингтон пробовали тем же методом определить в том же масштабе, как они сделали для массивных пород, состав осадочной оболочки [17]. Но в отличие от того их подсчета, который они сделали для массивных пород, подсчет их не вызвал дальнейшей работы в этом направлении и остался неизменным единичным подсчетом Кларка–Вашингтона.

Их представление к тому же не отвечает *стратисфере*, а захватывает и значительную часть *метаморфической оболочки*, как она принята Зюссом, и здесь Кларк и Вашингтон сочли на основании подсчетов, которые я не буду сейчас разбирать, но которые, может быть, не отстают значительно от реальности (по крайней мере, резко это не бросается в глаза), что оболочка осадочных пород, удельная значимость которых много меньше по весу, составляет 5% литосферы. При этом надо иметь в виду, что 4% из этих пяти принадлежат сланцам – shales, которые отвечают *метаморфической оболочке* (см. § 100), но только верхней ее части, за исключением гнейсов, которые Кларк и Вашингтон, по-видимому, соединяют с массивными породами. Глинистые, слюдяные, хлоритовые сланцы, однако, входят в «сланцы» Кларка–Вашингтона (shales). Кларк и Вашингтон здесь исходят из того, что эти сланцы совершенно явно произошли из осадочной оболочки, благодаря метаморфизму, и в отличие от гнейсов, массивные породы в образовании их почти не участвуют, по крайней мере, этот вывод верен для подавляющей их части. Между тем как для гнейсов мы имеем химически разные (но минералогически близкие породы) *ортогнейсы*, продукты метаморфического изменения массивных пород, главным образом гранитов, и парагнейсы – пород осадочных, которые, по-видимому, Кларком и Вашингтоном не различались (см. § 60). Действительно, они правы, что эта нижняя часть метаморфической оболочки резко отличается от верхней сланцевой оболочки и по своему химическому составу, и по своей структуре, и по минералам, которые в ней находятся. К тому же как раз в ней мощно проявляется гранитизация и

Процентный весовой состав гранитной оболочки (в вес. %)

Элемент	Числа Кларка–Вашингтона для массивных пород, без Тихоокеанского бассейна, 1924 г.	Числа В. Гольдшмидта для массивных пород, 1938 г.	Элемент	Числа Кларка–Вашингтона для массивных пород, без Тихоокеанского бассейна, 1924 г.	Числа В. Гольдшмидта для массивных пород, 1938 г.
	<i>1-я декада</i>		Nb	–	$2,0 \cdot 10^{-3}$
O	46,47	46,60	La	–	$1,8 \cdot 10^{-3}$ (s)
Si	27,79	27,72	Mo	–	$1,5 \cdot 10^{-3}$ (s)
	<i>2-я декада</i>		Ga	–	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Al	8,08	8,13	Ta	–	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Fe	5,08	5,00	Th	–	$1,1 \cdot 10^{-3}$ (s)
Ca	3,66	3,63		<i>6-я декада</i>	
Na	2,87	2,83	Cs	–	$7,0 \cdot 10^{-4}$
K	2,49	2,59	Ge	–	$7,0 \cdot 10^{-4}$
Mg	2,11	2,09	Sm	–	$6,5 \cdot 10^{-4}$ (s)
	<i>3-я декада</i>		Gd	–	$6,4 \cdot 10^{-4}$ (s)
Ti	$5,8 \cdot 10^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-1}$	Be	–	$6,0 \cdot 10^{-4}$ (s)
H	$1,4 \cdot 10^{-1}$	–	Pr	–	$5,5 \cdot 10^{-4}$ (s)
	<i>4-я декада</i>		As	–	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Cl	$9,7 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	Sc	–	$5,0 \cdot 10^{-4}$ (s)
P	$9,0 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-2}$	Dy	–	$4,5 \cdot 10^{-4}$ (s)
Ba	$8,1 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	Hf	–	$4,5 \cdot 10^{-4}$
S	$8,0 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-2}$	V	–	$4,0 \cdot 10^{-4}$
Mn	$7,0 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	B	–	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Cr	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	Yb	–	$2,7 \cdot 10^{-4}$ (s)
Zr	$5,2 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	Er	–	$2,5 \cdot 10^{-4}$ (s)
C	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	Br	–	$1,5 \cdot 10^{-4}$ *
Rb	–	$3,1 \cdot 10^{-2}$	Eu	–	$1,1 \cdot 10^{-4}$ (s)
V	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	Ho	–	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Sr	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	Sb	–	$(1,0 \cdot 10^{-4})$
Ni	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$		<i>7-я декада</i>	
F	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	Tb	–	$9,1 \cdot 10^{-5}$ (s)
		$3,5 \cdot 10^{-2}$ *	Lu	–	$7,5 \cdot 10^{-5}$
Cu	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	Hg	–	$5,0 \cdot 10^{-5}$ (s)
	<i>5-я декада</i>		Cd	–	$5,0 \cdot 10^{-5}$
Li	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	J	–	$3,0 \cdot 10^{-5}$
Zn	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	Tl	–	$3,0 \cdot 10^{-5}$
Pb	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	Bi	–	$2,0 \cdot 10^{-5}$
W	–	$6,9 \cdot 10^{-3}$	Tu	–	$2,0 \cdot 10^{-5}$ (s)
Ce	–	$4,6 \cdot 10^{-3}$ (s)	Ag	–	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Sn	–	$4,0 \cdot 10^{-3}$	In	–	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Co	–	$4,0 \cdot 10^{-3}$		<i>8-я декада</i>	
Y	–	$2,8 \cdot 10^{-3}$ (s)	Se	–	$9,0 \cdot 10^{-6}$
Nd	–	$2,4 \cdot 10^{-3}$ (s)	Pd	–	$1,0 \cdot 10^{-6}$

Таблица 15 (окончание)

Элемент	Числа Кларка–Вашингтона для массивных пород, без Тихоокеанского бассейна, 1924 г.	Числа В. Гольдшмидта для массивных пород, 1938 г.	Элемент	Числа Кларка–Вашингтона для массивных пород, без Тихоокеанского бассейна, 1924 г.	Числа В. Гольдшмидта для массивных пород, 1938 г.
<i>9-я декада</i>			<i>12-я декада</i>		
Au	–	$5,0 \cdot 10^{-7}$	Ra	–	$1,3 \cdot 10^{-10}$
Pt	–	$5,0 \cdot 10^{-7}$	<i>13-я декада</i>		
Te	–	$1,8 \cdot 10^{-7}$ (?)	Ra	–	$8,0 \cdot 10^{-11}$
Ir	–	$1,0 \cdot 10^{-7}$	<i>16-я декада</i>		
Re	–	$1,0 \cdot 10^{-7}$	Po	–	$3,0 \cdot 10^{-14}$
Rh	–	$1,0 \cdot 10^{-3}$	Ac	–	$3,0 \cdot 10^{-14}$

Примечание. (s) – осадочные породы.

* По работам Биогеохимической лаборатории АН СССР.

В. Гольдшмидт, который сводит работу своих лабораторий в Осло и Геттингене, где систематически производились новые определения, ввел ряд новых чисел, кроме критической переработки прежних, и не считает возможным количественно выразить пока следующие элементы: H, He, Ne, N, Ar, Br, Kr, Xe, Tc, Ru, Os.

мигматизация (см. § 61). Эти два явления приводят нередко к тому, что полевой геолог часто не может решить, имеет ли он дело с так измененной гнейсовой породой – мигматитом или с гранитом. В табл. 16 привожу перечисленные на элементы числа осадочных пород Кларка–Вашингтона.

В этой таблице мы имеем:

I. Среднее для всей «стратисферы» Кларка–Вашингтона (не Зюсса).

II. Элементарный состав «сланцев» Кларка–Вашингтона.

III. То же песчаников.

IV. » известняков.

111. В этой таблице советского геолога поражает та ничтожная роль, которую в осадочных породах Кларка играют глины и мергели¹. Этот факт заставляет отнестись с осторожностью к ее числам. При взгляде на эту таблицу – состава «стратисферы» Кларка – резко бросается в глаза огромный диапазон различия химического состава как среднего, так и отдельных компонентов, от II до IV со средним составом и между собой. Этого нет в табл. 11 (см. § 105) для массивных пород (гранитная оболочка). Даже наиболее отличные породы района Тихого океана не дают нам ничего подобного. К осадочным породам ныне нужно применять другую форму выражения.

Реально осадочная оболочка по существу не является и не являлась сплошной. Она всегда, но одновременно и в разных местах планеты выходила на земную поверхность или под дно гидросферы. Гидросфера, за исключением Тихого океана, где никогда осадочной оболочки не было, образовывала ее в ходе времени в значительной ее части.

¹ Надо обратить внимание на то, что на островах Тихого океана, в частности на Гавайских, каолиновая глина является очень редким образованием. Она образуется при особых условиях выветривания и, к сожалению, мало изучена. Почва, на ней образуемая, очень своеобразна [19]. Эти глины очень богаты титаном.

Состав осадочных пород (в %) по элементам, по Кларку и Вашингтону [18]

Элемент	I. Средний состав осадочных пород	По отдельным породам		
		II. Сланцы	III. Песчаники	IV. Известняки
O	49,95	49,61	51,82	49,88
Si	27,49	27,31	36,81	2,44
Al	6,93	8,16	2,53	0,43
Fe	3,90	4,70	0,98	0,38
Ca	3,85	2,21	3,90	30,22
K	2,33	2,69	1,09	0,27
C	1,97	1,51	1,36	11,21
Mg	1,52	1,46	0,70	4,73
Na	0,82	0,96	0,33	0,037
H	0,47	0,55	0,18	0,085
Ti	0,38	0,45	0,17	0,04
S	0,20	0,26	0,028	0,11
P	0,06	0,075	0,035	0,02
Ba	0,04	0,045	0,045	–
Mn	0,002	–	–	0,038
Cl	0,001	–	–	0,02

Таблица 17

Состав осадочных пород Киева (по проф. В.Н. Чирвинскому) [20]

Элемент	Средний химический состав колонны осадочных пород Киева	Элемент	Средний химический состав колонны осадочных пород Киева	Элемент	Средний химический состав колонны осадочных пород Киева
O	52,11	Ca	3,33	Mg	$3,6 \cdot 10^{-1}$
Si	35,91	C	1,08	K	$2,8 \cdot 10^{-1}$
Al	3,00	S	$4,3 \cdot 10^{-1}$	Ti	$2,6 \cdot 10^{-1}$
Fe	2,45	H	$3,9 \cdot 10^{-1}$	P	$9,0 \cdot 10^{-2}$

Примечание. Общая мощность – 405 м (190 саж.)

Наряду с породами осадочной оболочки на поверхности планеты – биосферы – выходят массивные породы, т.е. гранитная оболочка и породы метаморфические, т.е. метаморфическая оболочка.

Мне кажется, как мы увидим в дальнейшем, что весьма вероятно, что осадочные породы целиком входят в биосферу, следовательно, для них, как было указано для биосферы, нужно применить другую форму рассмотрения, учесть их резкую связь с геологической картой планеты. В геологической карте это до известной степени учитывается, хотя поверхностные породы четвертичного возраста в ней в значительной мере не выражены. Геологическая карта благодаря этому не дает ясного понятия о литологическом составе биосферы, как не дают его и почвенные или ботанические карты.

Таблица 18

**Химический состав биосферы
для окрестностей Киева (от поверхности до
глубины 3,8 км), по В.Н. Чирвинскому
и Н.И. Безбородько**

Элемент	Содержание, вес. %	Элемент	Содержание, вес. %
O	48,63	Ca	2,10
Si	32,32	Mg	$5,9 \cdot 10^{-1}$
Al	7,55	Ti	$2,0 \cdot 10^{-1}$
Fe	3,18	H	$5,8 \cdot 10^{-2}$
K	3,11	P	$5,4 \cdot 10^{-2}$

В геологической карте планеты резкое различие химического состава осадочных пород (учитывая при этом и пропущенные Кларком воды, нефти, углеродистые органические породы, мергеля и глины, кору выветривания, в частности; § 51) должно иметь выражение аналогично породам геологической карты.

Давая понятие о возрасте, и в своем литологическом проявлении, о горных породах и в этом аспекте о химическом со-

ставе, геологическая карта не дает понятия о геохимическом характере доступной геологу оболочки. Между тем, как всякому ясно, химические процессы, в том числе и радиохимический, должны обращать на себя пристальное внимание геологов и с каждым годом все больше и ярче входить в геологическую текущую работу, особенно в вопросах практической важности как бытовой, так и государственной жизни.

Использование с этой целью таблицы Филлипса–Кларка–Фохта, как видно из всего предыдущего, не может помочь научной работе, правильно поставленной, как бы ни уточнялись числа этой таблицы.

Геолог работает только в области биосферы. Он из нее не выходит почти никогда, а в текущей геологической работе вообще никогда. Это уже одно ярко определяет значение правильного понимания биосферы для него, а с другой стороны, определяет и те данные химического характера, которыми в пределах биосферы он должен пользоваться.

Следующие эмпирические научные обобщения должны определять эту его работу и понимание тех чисел, с которыми он будет иметь дело в своей работе.

1. Биосфера химически резко различна в своих твердых и жидких геосферах (см. табл. 10, § 94).

2. Это различие находится в теснейшей связи с геологической картой и с ее литологической основой и, как указано раньше, с геохорами (см. гл. IV).

3. До сих пор нет ни одной попытки выразить состав биосферы так, чтобы он получил место на геологической карте и мог быть удобно использован при возникающих в геологической работе геолога проблемах.

4. Геохимическое выражение биосферы должно быть создано и связано с геологической картой.

Ясно отсюда, что для начала может идти вопрос не о мировой такой геохимической карте, а о попытке конкретно выразить эти явления в частном случае нашей страны, и даже, для первого раза, на ее небольшом участке. Создание геохимической карты биосферы на основе геологической карты есть такое же длительное дело, которое тянется поколениями и так же никогда не может быть закончено, как и сама геологическая карта. Она может быть закончена только в первом приближении и затем поколениями будет улучшаться.

112. Следует отметить эмпирические попытки определения химического состава осадочных пород в определенных точках планеты. Их немного. Я знаю две такие попытки, сделанные в нашей стране братьями В.Н. и П.Н. Чирвинскими, первым – для окрестностей Киева в 1917 г., вторым – для Донецкого бассейна в 1922 г. Первая попытка была сделана по инициативе проф. П.Я. Армашевского.

Я приведу здесь таблицу проф. В.Н. Чирвинского для окрестностей Киева¹ (табл. 17).

Колонка В.Н. Чирвинского доходит до массивных пород. Она приобретает еще большее значение, так как мы имеем средние величины для украинских массивных пород, данные проф. Н.И. Безбородько [22].

В табл. 18 я даю средний процентный состав биосферы для окрестностей г. Киева, объединяя разрез, данный В.Н. Чирвинским, с данными о составе массивных пород, согласно проф. Н.И. Безбородько, и продолжая его до 3,8 км.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Clarke F.* The data of geochemistry. 5th. ed. W., 1924. P. 34.
2. *Harker A.* // Geol. Mag. 1899. Vol. 6. P. 220.
3. *Clarke F.* Op. cit. P. 25; *Washington H.S.* // Profess. Pap. US Geol. Surv. 1903. N 14. P. 106.
4. *Clarke F.* Op. cit. P. 25; *Knopf A.* // J. Geol. 1916. Vol. 24. P. 620; *Daly R.A.* Igneous rocks and their origin. N.Y., 1914.
5. *Clarke F.* Op. cit. P. 28.
6. *Ibid.* P. 29.
7. *Suess E.* Antlitz der Erde. 1885–1909. Т. II. S. 256–264.
8. *Clarke F.* Op. cit. P. 36.
9. Ссылка отсутствует.
10. *Немова З.* Сборник анализов русских изверженных и метаморфических горных пород СССР. М; Л., 1930. (Тр. Геол. ком. Н.С.; Вып. 176).
11. *Vogt J.H.* // Norsk vid. Acad. skr. M.N. Kl. 1931. N 7. P. 1–48.
12. *Вернадский В.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 25.
13. *Ферсман А.* Геохимия. Л., 1933. Т. 1.
14. *Goldschmidt V.* Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. IX. Die Mengenverhältnisse der Elemente und der Atomarten. Oslo, 1938. S. 1–148.
15. *Noddak J., Noddak W.* Die geochemischen Verteilung-Koeffizienten der Elemente // Svensk. kem. tidskr. 1934. Juli. 46. S. 173f. В работе Ноддаков указаны ат.%, а объектом исследования являлись минералы (а не породы).
16. *Вернадский В.* Избр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1.
17. *Clarke F.* Op. cit. P. 30.
18. *Ibid.*
19. *Moir W., Allen O., Magisted O.* et al. A handbook on Hawaiian soils. Honolulu, 1936.
20. *Чирвинский В.Н.* Химический состав колонны осадочных пород г. Киева // Зап. Киев. о-ва естествоиспытателей. 1927. Т. 26.
21. *Чирвинский П.Н.* // Z. Dtsch. Geol. 1926. Bd. 77. S. 43.
22. *Безбородько Н.И.* Петрогенезисі петрогенетична карта кристалічної смуги України. Київ, 1935.

¹ Попытка проф. П.Н. Чирвинского [2] захватывает немного элементов и в кратком ее изложении на немецком языке не дает достаточных данных для научной ее оценки. Обратившись к проф. П.Н. Чирвинскому за разъяснениями, я получил от него указания только на эту немецкую статью. Вот его числа. Химический состав (в %): SiO₂ – 68,78; Al₂O₃ – 19,48; FeO + Fe₂O₃ – 2,68; CaO – 1,13; MgO – 0,96; щелочи – 1,6 (по разности); H₂O – 4,45; CO₂ – 0,34; свободн. С – 0,58.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ. ПЛАНЕТНАЯ РОЛЬ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

Глава XV

ПЛАНЕТНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЖИЗНИ. СИММЕТРИЯ КАК ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПРОСТРАНСТВА. СОСТОЯНИЕ ПРОСТРАНСТВА КОСМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕЛ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

Противоречие в положении геологических и гуманитарных наук в человеческих представлениях и в реальности (§ 113). Планетное значение жизни. Криптозойский эон. Жизнь геологически вечна на нашей планете. Длительность криптозоы. Скачок эволюционного процесса в нижнем кембрии. Господство членистоногих и позвоночных (§ 114, 115). Биосфера и живое вещество геологически вечны. Эволюционный процесс живого вещества в ходе времени и его выявление в земных глубинах (§ 116).

Существование биосферы на Венере и Марсе. Основное значение для планетной астрономии эмпирических выводов геологии (§ 117). Ошибочность поисков начала жизни на планетах. Материально-энергетические предпосылки ее в них нахождения. Идея Пьера Кюри о состояниях пространства (§ 118). Значение для понимания пространственных отношений в новой физике понятия о естественных телах. Естественные тела, нам доступные в космическом масштабе. Ньютон и миропредставление, им данное, к началу XX в. Эйнштейн и новые идеи в физике XX в. Поправка Эддингтона (§ 119, 120).

Неоднородное земное пространство геометрически отвечает точке в Евклидовом пространстве Ньютона и в пространстве времени Эйнштейна. Планетные состояния пространства. Симметрия как состояния пространства земных природных тел и явлений. Сложность планетного физико-химического пространства. Связь его с состоянием вещества. Пространство-время реально проявляется в живом веществе (§ 121).

Различные геометрии в природе. Земные состояния планетного пространства (§ 122). Жизненный путь моего научного познания явлений симметрии на нашей планете (§ 123). Основные выводы относительно явлений симметрии (§ 124). Симметрия в системе наук как учение о геометрических свойствах состояний земных, т.е. геологических, пространств, их сложности и неоднородности (§ 125). Логика естествознания. История симметрии: бытовое понимание и развитие его в науке. Разная симметрия живых веществ и природных космических тел (§ 126). Кристаллические пространства и федоровские группы (§ 127). Реальный и идеальный монокристалл. Проявления времени. Идеальные и реальные кристаллические пространства (§ 128). Диссимметрия Кюри и Пастера и состояния пространства (§ 129).

Плотность природных кристаллических пространств и построенных на них горных пород (§ 130). Мезоморфные состояния пространства природных жидких и твердых тел. Стекловатое аморфное коллоидальное состояние пространства (§ 131).

113. Больше 10 лет тому назад, в 1931 г., я остановился в докладах в Ленинградском обществе естествоиспытателей, в Обществе испытателей природы в Москве и в Академии наук в Ленинграде на том противоречии, которое резко выявляется в структуре научной работы и в научной концепции Вселенной, из нее вытекающей. Я тогда говорил [1]: «Переворот, совершающийся в нашем XX в. в физике, ставит в научном мышлении на очередь пересмотр основных биологических представлений. По-видимому, он впервые позволяет в строго научной концепции мироздания поставить в Космосе на подобающее место явления жизни. Впервые в течение трех столетий вскрывается возможность преодолеть созданное ходом истории мысли глубочайшее противоре-

чие между научно построенным Космосом и человеческой жизнью – между пониманием окружающего нас мира, связанным с человеческим сознанием, и его научным выражением. С XVI в. это противоречие проникает всю нашу умственную жизнь и глубочайшим образом на каждом шагу нами ощущается. Его последствия неисчислимы».

За это последнее десятилетие в этой области знания сделаны большие успехи, и явления жизни выявились как планетный процесс на нашей Земле с большей, чем тогда, яркостью. Можно сказать, что за эти годы нам впервые выявились, с одной стороны, основные черты хода жизненных процессов на нашей планете в течение геологического времени, а с другой стороны, мы сейчас впервые можем утверждать научно, несомненно с большей определенностью, существование биосферы и вне нашей планеты, на земных планетах – Марсе и Венере, по крайней мере (см. I ч., § 117).

Картина, которая при этом выясняется, несомненно, не отвечает тому большому месту, которое научные дисциплины биологических наук и особенно наук гуманитарных, т.е. наук о человеке, занимают в структуре науки XX в. Но это последнее теснейшим образом связано с резким изменением с научной поправкой наших неправильных представлений о положении человека на нашей планете, следовательно, в Космосе, сейчас меняющихся. Ибо, как мы увидим, исторически, т.е. в ходе геологического времени, в своей жизни человек подошел к резкому изменению понимания своего положения на нашей планете вследствие перехода ее в новое состояние, в *ноосферу* (см. § 199). В ноосфере геологическая роль человека ведущая.

В этих новых условиях главная геологическая сила человечества строится ростом той части гуманитарных наук, которые связаны с науками о природе, с математикой и науками техническими. В них, можно сказать, стихийно идет быстрое создание новых научных дисциплин.

114. Как часть планетного земного живого вещества мы инстинктивно и бессознательно ярко чувствуем загадку жизни – своего существования и существования жизни. Я бы сказал, что это самое глубокое проявление самосознания, когда мыслящий человек пытается определить свое место не только на нашей планете, но и в Космосе. Научным эмпирическим путем он приходит к *сознанию единства всего живого* – от микробов (и даже вирусов; § 220–222) и до человека – и к невозможности сомнения в существовании вплоть до микробов таких проявлений сознательности, какие мы резко научно выявляем от невидимых простым глазом инфузорий и до человека включительно. Перед нами в течение тысяч поколений стоит загадка неразрешенная, но как бы разрешимая – *загадка жизни*.

При наличии воздействия процессов, идущих в живом веществе, на *атомы* и даже в чистом виде и на *изотопы*, резко проявляющихся в ряде организмов, и, вероятно, во всех, меня эта загадка приводит к признанию реального значения для современников *гилозоистических* и *пантеистических* представлений, которых нет на современной нам стадии науки в окружающем нас научно познаваемом Космосе.

Это загадка жизни для нас, но не в окружающей нас реальности. Она указывает только на *непонимание нами реальности*. Поэтому, мне кажется, остается чувство неудовлетворения и стремление искать большее, когда перед нами вскрывается новая и простая научная схема хода жизни на нашей

планете и в Космосе в аспекте геологического времени, как это имеет место сейчас в палеонтологии.

Едва ли можно сомневаться, что по мере того, как геологические процессы будут глубоко изучаться, их не земной только, но планетный характер будет выявляться все с большей резкостью. Но и теперь связь Земли с Солнечной системой проявляется в геологии на каждом шагу. Для нашей планеты эмпирически установлено существование жизни в самых древних нам доступных отложениях, нам на нашей планете известных. С другой стороны, нигде не нашли мы в биосфере горных пород, которые указывали бы на их образование в течение геологического времени в отсутствие живого вещества. Даже массивные породы, как вулканические, так и плутонические, носят в себе несомненные следы существования живого вещества в условиях их образования.

И правильно, как следствие этого эмпирического вывода, в последнее время введено американскими геологами представление о криптозойском эоне [2], т.е. скрытно-жизненного, отвечающего самым древним по возрасту и самым длительным по времени периодам геологической истории нашей планеты. Эмпирически, таким образом, мы не нашли указаний на время, когда живого вещества на нашей планете не было. Жизнь на ней геологически вечна¹. В криптозойском эоне жизнь доказана на нашей планете только в водной среде, в том числе и в океанах, и никаких остатков наземной жизни нам пока не известно. Некоторые думают, что ее тогда на суше и не было, что, по другим соображениям, маловероятно.

Здесь же коснусь этой проблемы кратко. В палеонтологической истории, как мы теперь ее знаем, мы видим, что на суше резко господствует по геологическому значению и по массе два типа (Phylum) из 13 животных типов: позвоночные и членистоногие (главным образом насекомые).

Для обоих из них мы наблюдаем мощное развитие, резкое количественное их преобладание. Даже в наше время, в *психозойскую эру* (см. § 38, ч. I), точные эмпирики-натуралисты могут поднимать вопрос, какой из этих двух типов находится в апогее своего планетного значения [3]. Для позвоночных вопрос явно идет о роли человека в ноосфере. Для него и для позвоночных вообще сейчас почти нет сомнения, что их эволюционные предки не жили на суше, а жили в *океанах* или в *водных бассейнах* суши². Для насекомых (в широком смысле) мы имеем обратное явление. Водные насекомые (морской и пресноводной фауны) ничтожны по числу и явно могут считаться приспособившимися к чуждой им водной стихии. В то же время количество видов насекомых превышает во много раз количество видов всех других организмов. Мы далеки еще от точного установления здесь числа их, и правы те энтомологи, как, например, Говард [4], которые считают, что число видов насекомых, пока нам неизвестное, колеблется между двумя и десятью миллионами³.

¹ Я указал на это еще в 1926 г., говоря о логике естествознания и выставив геологическое обобщение, что мы не видим на нашей планете геологического времени, когда на нашей планете не было бы живого вещества. Криптозойская эра является из этого следствием.

² Это главным образом основывается на том, что в эмбрионах всех позвоночных наблюдаются щели, которые у рыб, амфибий и т.п. позднее являются местом развития жабр. Самой ткани жабр в эмбрионах млекопитающих нет.

³ В настоящее время описаны 625000 насекомых (H. Huxley); по J. Smart, описана примерно половина видов. Для млекопитающих описано 3750 видов. Для насекомых ежегодно описываются 10000 видов, для млекопитающих – ежегодно 50.

Нельзя, однако, не отметить, что если мы возьмем личиночные стадии насекомых, то мы увидим другую картину¹.

Если сравнивать по массе людей и насекомых, последние, по-видимому, преобладают в значительной мере в форме подземной жизни. Можно думать, что насекомые являются исконными обитателями суши и их эволюционный путь совершался в тропосфере и в геохорах.

Наземная флора, появившаяся в конце кембрия, получила свое, нам родное развитие только с начала мезозоя: раньше растительные организмы были близки к водорослям, чужды современной наземной растительности и сохраняли сходство с морскими водными организмами. И нельзя не считаться с мнением альгологов, что наземные растения эволюционировали из высших зеленых водорослей. На это указывают и косвенные данные, например, то, что некоторые липоидные химические соединения водорослей, например, ситостерол, характерный стерол для явнотрачных, обычны и в зеленых водорослях [6].

Криптозойский зон Шухерта и Денбара занимает в делении геологического времени втрое большее время, чем то, которое прошло с начала кембрия и до современности, когда процесс эволюции форм организмов явно эмпирически был более быстрым.

115. Как раз сейчас мы вступаем в новую эру развития геологии, когда должна была войти в жизнь международная организация определения геологического времени.

На последнем Международном геологическом конгрессе в Москве в 1937 г. по моему предложению была организована Международная комиссия для этой задачи под председательством проф. А. Лэна в Америке (Кембридж, Массачусетс). Германия и Италия остались в стороне от этой международной задачи. Свой доклад Комиссия должна была представить на Лондонский конгресс в 1940 г. Но в это время Лондон уже подвергался бомбардировкам, т.е. началась мировая война, распространившаяся уже тогда на значительную часть человечества – на все страны, за исключением нашего Союза, США, Швеции, Турции, Ирландии, Швейцарии, Португалии, Испании, государств Южной Америки, Африки и значительной части Азии и обеих Америк. В 1941 г. она захватила почти весь мир. Вопрос, поставленный на Конгрессе 1937 г., может получить движение лишь после поражения *Германии и ее союзников*.

Состояние наших знаний о длительности жизни на нашей планете может быть сведено сейчас к следующим бесспорным положениям.

Во-первых, самые древние точно определенные породы на поверхности геохор наблюдаются в восточной Карелии, в уранитах пегматитовых жил в Онежском граните: на основании анализа К.А. Ненадкевича, возраст их равен 1800 млн лет и относится, по классификации Шухерта и Денбара, к нижнему криптозою.

Следующее характерное для подразделения криптозоя число было определено в Кейстоне, в Южной Дакоте: 1420 млн лет, оно относится к среднему криптозою. И, наконец, время позднего криптозоя – 720 млн лет основано на

¹ Большое число видов насекомых проводит личиночную стадию в водных бассейнах, главным образом наземных [5].

определении уранинита из Катанги в Конго. Основываясь на этих данных, можно дать, округляя, следующую схему геологического времени [7]:

Криптозой	1500 млн лет
Палеозой	300–500 млн лет
Мезозой	130 млн лет
Кайнозой и современная эпоха	60 млн лет

На всем протяжении двух миллиардов лет жизнь уже существовала и эволюционировала. Но, как мы увидим (см. § 103), криптозойская эра дает нам совсем другое представление о ней, чем ближе лежащие геологические эры.

Никакого сомнения нет, что самое большое эмпирическое число, здесь указанное, явно реально, устанавливает существование еще более древних геологических процессов, по-видимому, от криптозоя не отличимых, так как оно получено для уранинита пегматитовых жил, прорезающих онежские граниты и их жильные породы, в них проходящие, друзиты. Таким образом, ураниниты моложе друзитов и гранитов. Для данной геохоры это самые молодые геологические явления. Онежский гранит может иметь возраст много больше 2 млрд лет. Ясно сейчас, что 1800 млн лет – случайное число, и длительность жизни на нашей планете превосходит, может быть, namного 2 млрд лет.

Чрезвычайно характерно, что длительность криптозоя, даже исходя из чисел Шухерта и Денбара, втрое превышает длительность геологических отложений, начиная с нижнего кембрия и до современного.

В кембрии мы видим резкий скачок в характере жизни, для нас до сих пор совершенно загадочной. Он хорошо выражен недавно Шухертом и Денбаром [8]. Они говорят: «Больше чем в течение 50 лет шли самые тщательные поиски ископаемых на всем протяжении докембрийских пород, и результат был поразительно мал». Поиски шли на всем земном шаре: в Западной Европе, в Африке, в Азии (у нас в Сибири), в Америке, в Австралии. Наиболее интересные результаты были получены в Австралии Тильярдом [9], случайно погибшим при автомобильной катастрофе в разгар этой работы. Эти работы Тильярда заставляют меня более оптимистически смотреть на возможные результаты дальнейших исследований, чем это делают американские ученые¹. Но едва ли можно отрицать существование важного скачка в нижнем кембрии в эволюционном процессе.

Как будто бы выясняется, что скачок этот заключался не в резком изменении количества живого вещества на нашей планете, а в резком ускорении процесса эволюции, как бы взрыва эволюционного процесса, чрезвычайного одновременного разнообразия морфологических изменений.

Начиная с самых нижних кембрийских пород, остатки ископаемых, в зависимости от физических условий геохор, в изобилии наблюдаются на всей поверхности нашей планеты. С этого времени можно представить себе историю каждого континента или всей планеты в эволюции форм жизни из периода в период без перерыва. Вопрос, ясно, идет не о количестве жизни, но о ее разнообразии.

¹ Результаты работ Тильярда ими не приняты во внимание.

Разнообразие теснейшим образом связано с экспансией живого вещества, с проникновением его в новые области обитания. В криптозойском зоне мы имеем дело прежде всего с известковыми водорослями, микроскопическими в своих индивидах и образующими целые известняки. Они очень близки к некоторым водорослям, живущим и ныне в океанах, озерах и текучих водах. Их остатки образуют мощные горные породы. Никаких растений более высокой степени организованности в криптозойских слоях не находили. Животные остатки состоят из морских червей и близких к ракообразным (последнее некоторыми отрицается).

Трудно представить себе, чтобы в это время не существовало в водных бассейнах и океанах мощной жизни: микроскопических животных и растительных организмов, не обладающих скелетными частями, следовательно, для нас исчезающих. На это указывают с несомненностью мощные отложения осадочных морских пород, богатые графитом, биогенное происхождение которого не может возбуждать сомнений по его свойствам и условиям нахождения. Отмечу пока только, что биогенное происхождение природных соединений кальция, кремния, углерода, водорода, кислорода, азота, железа, марганца уже здесь проявляется очень резко. Их биогеохимические функции (см. § 176) в строении биосферы уже существовали.

Надо заметить, что уже давно канадский геолог В. Доусон [10] доказал, что углерод, рассеянный в виде графита в гренвильских слоях в Онтарио в Канаде, превышает по массе количество углерода каменных углей карбона.

Этого надо и ожидать, учитывая большую длительность криптозойской эры. Никаких остатков, позволяющих определить форму организмов этих органогенных пород, не сохранилось. Такие же находки органогенного графита мы имеем и для других криптозойских пород [11]: Финляндии, Скандинавского щита, СССР. По-видимому, в течение этого времени уже существовали суша и океан и, в общем, континенты в значительной части оставались континентами на тех же местах, где находятся и сейчас, как правильно в первый раз указал американский геолог Д. Дана¹: (1813–1895) [12]. Тихий океан оставался все это время океаном.

Я оставляю в стороне те теоретические построения, которые широко распространены сейчас в геологии и которые допускают передвижение континентов на нашей планете. Мне кажется, факты, по крайней мере пока, противоречат этому представлению.

116. Мне представляется чрезвычайно важным тот эмпирический вывод, который приходится сейчас сделать. В результате трехвековой истории геологии можно утверждать, что нигде на нашей планете не встречены отложения, в которых жизнь отсутствовала бы, и нет никаких даже косвенных данных, чтобы мы могли научно допустить ее отсутствие в данных геологических явлениях.

Процессы выветривания, в частности резко выраженные в биосфере, всегда биогенны и биокосны. Микроскопическая жизнь в них играет ведущую роль. Не говоря уже о других геологических эрах, и в криптозое эти процессы выветривания ничем в основном не отличимы от современных [13]. Одновременно мы не видим никаких признаков эволюции минералов

¹ Дана распространял это представление на все океаны.

(за исключением биогенных и биокосных минералов; § 169–170), которые всегда те же, их мы встречаем в криптозое, и создание их мы сейчас видим.

Отсюда мы должны сделать вывод, что на всем протяжении истории нашей планеты, от самых древних отложений криптозойской эры и до современных, мы не только видим те же самые минералы, но непрерывное образование их в условиях биогенных процессов, причем косвенным образом этим путем эволюция видов – животных и растений (§ 137) – может проявляться и проявляется в биогенных и в биокосных минералах в их разновидностях¹. Итак, на всем протяжении геологической истории от криптозоя и до современного биосфера уже существовала, и она была широко проникнута живым веществом. Биосфера геологически вечна.

В геохорах суши и ниже их (см. гл. XVII) живое вещество концентрируется и концентрировалось на поверхности планеты, переходя вглубь везде, где была связь с тропосферой, наземной или подводной.

Не только воды, как было указано, но и другие жидкие минералы, как, например, нефти, являются биокосными телами. Только природные, обычно слабые растворы кислот, например серной кислоты или соляной, лишены жизни.

Гидросферу же живое вещество проникает насквозь, сосредоточиваясь в планктоне и в бентосе, на дне и в шельфах². В сущности весь океан проникнут самоподвижным живым веществом и являлся главным егоместилищем.

В состав суши под геохорами входят значительные глыбы осадочных, метаморфических и массивных пород, т.е. происходит как бы проникновение биосферой стратисферы, метаморфических и гранитной оболочек (см. § 153); последние две чуждые современной биосфере. Жизнь всегда глубоко проникает в современную стратисферу, которая является частью современной биосферы, одной из ее геосфер. Проникает она и в более глубокие оболочки, например гранитную, когда она выходит на один с ней уровень.

В коре выветривания, которая колеблется в мощности от сантиметров до немногих километров (см. § 51), жизнь проникает ее всю, но процентно занимает незначительную массу и находится в рассеянном состоянии. Она идет и глубже в стратисферу. Эти черты биосферы являются геологически вечными, наблюдаются на всем протяжении геологической истории и, вероятно, имеют планетный характер.

Переход илов и осадков океанов в осадочную оболочку, к сожалению, недостаточно хорошо изучен. Образование их в значительной части биогенное. Но та жизнь, которая сосредоточивается в них, как осадочных породах, совершенно иная, чем та, которая наблюдалась в них когда они были илами и морскими осадками. С одной стороны, наблюдается латентная жизнь спор, которая сосредоточена и в морских илах и осадках, с другой стороны, новая полноценная жизнь бактерий и грибов, в значительной степени новых их эволюционных форм, приспособившихся к подземной жизни вне

¹ К сожалению, эти минералы чрезвычайно мало изучены. Так как мы знаем, что всякая природная вода есть биокосное тело, то для вод, морской и океанической в том числе, должен отражаться эволюционный процесс живого вещества. К сожалению, природные воды, так же как и природные газы, недостаточно учитываются минералогами. Среди природных газов биогенные газы преобладают. Одни терпены должны давать тысячи видов.

² Есть, по-видимому, концентрация живого вещества и в промежуточных толщах океанов.

океанов. К сожалению, это огромное по своему значению явление в природе совершенно не изучено и недооценено в своем планетном значении. Обычно рассматривают эту микроскопическую жизнь как случайно попавшую сверху из геохор и из коры выветривания в данный исторический момент. Впервые, мне кажется, в 1891 г. профессор Ф. Штапф в многолетней работе при прорытии Симплонского туннеля в Альпах доказал на больших глубинах существование своеобразной, независимой от наземной, подземной жизни [14]. Она изменилась в своей морфологии под влиянием того же эволюционного процесса, охватывающего все живое. Она состоит, по-видимому, в подавляющей массе из низших анаэробных растительных организмов – грибов и бактерий, морфологически только сейчас научно точные выясняющихся ([15], [16], Штурм). Их биологическое значение связано с тем, что они выделяют огромное количество газов, среди которых преобладают азот, сероводород, углеводороды.

117. Такой планетный характер биосферы и живого вещества косвенно может считаться подтвержденным вероятием их нахождения на двух ближайших к Земле планетах – Марсе и Венере, «земных планетах» (см. ч. I, § 8). Доказательства их существования косвенные и связаны с биогенным характером нашей атмосферы, точнее тропосферы, о чем я буду говорить ниже (см. § 155–157), и с тем, что атмосфера этих планет содержит только те газы, которые на Земле биогенного происхождения. Мы не можем с этим эмпирическим обобщением не считаться, так как для нас сейчас ясно, что атмосфера Земли генетически не связана с явлениями тяготения, как это долгое время и до сих пор принимается астрономами и допускается геологами, и от чего мы теперь должны отказаться, так как такое допущение резко противоречит эмпирическим фактам (см. § 146).

Газовая атмосфера Земли биогенного происхождения и создание ее есть основная биогенная функция живого вещества. Температурные условия Марса и Венеры не выходят из поля существования живого вещества, которое мы теперь должны рассматривать не только как земное явление, но как *явление планетное*. Газы Венеры – угольная кислота, вода, муравьиный альдегид (?), а Марса – вода, угольная кислота, кислород (азот?). Температура для Венеры, ее атмосферы, по измерению около +55 °С. Температура Марса гораздо ниже и колеблется, но не противоречит возможности существования жизни.

Нельзя забывать, что биогенное происхождение атмосферы нашей Земли является эмпирическим обобщением, т.е. логическим выводом из точных данных научного наблюдения, причем химический анализ тропосферы и стратосферы резко противоречит тому логическому выводу, который вытекает из астрономической теории происхождения атмосфер планет в приложении ее к Земле. Если бы эта теория была верна, то количество кислорода с высотой должно было бы уменьшаться по отношению к азоту, тогда как на больших высотах (до 40 км), где это должно было бы резко сказываться, такого уменьшения кислорода по отношению к азоту не наблюдается. Отношение O_2 к N_2 остается неизменным как в высоких слоях тропосферы, так и в нижних слоях стратосферы.

Это проще всего можно представить себе так, что образование свободного молекулярного кислорода O_2 идет в результате разложения угольной кислоты и воды хлорофильными организмами и количество его зависит от темпа

жизни, неизменного в течение геологического времени, а образование свободного молекулярного азота N_2 – от такого же разложения сложных азотистых соединений тел организмов бактериями и грибами, выделяющими азот и разрушающими кислородные соединения азота воздуха и воды. Если эти два темпа выделения кислорода и азота неизменны или мало изменяются в течение геологического времени, то получается то постоянное отношение между ними, какое реально наблюдается, причем, очевидно, никакого отношения к их удельному весу может не наблюдаться. Мне кажется, кроме того, что сейчас геология достигла такого состояния, что астроном должен в своих суждениях о планетах прежде всего с этим считаться. В этом отношении планетная астрономия, мне кажется, должна, как правило, считаться с эмпирическими выводами геологии в большей мере, чем она это теперь делает.

В частности, в другом явлении – в тепловом режиме планет – астрономы не считаются с тем значением, основным и первостепенным, какое в геологии имеет радиоактивный распад атомов, его энергия. Для меня совершенно ясно, что учет этого явления совершенно изменил бы их основные выводы. Особенно это касается ближайших к нам планет: Венеры и Марса [17].

118. Полученное нами эмпирическое обобщение о геологической вечности живого вещества на нашей планете и научная вероятность его существования на Венере и Марсе, мне кажется, может иметь важные следствия. По-видимому, живое вещество, которое там существует, отвечает в своей основной массе, скорее всего, *подземной и микробной поверхности жизни нашей планеты*. Но надо иметь в виду, что на Марсе найден свободный кислород и вероятно нахождение хлорофилльных растений. Присутствие на Земле в течение всего геологического времени живого вещества не позволяет нам научно ставить вопрос, которым много занималась человеческая фантазия и гипотетические научные и философско-религиозные построения о начале жизни на нашей планете [18], и попытаться достигнуть экспериментальным путем создания живого вещества из косной материи. Существование его, больше чем вероятное на других планетах, не позволяет связывать его только с нашей планетой. Надо искать не следов начала жизни на нашей планете и вообще на планетах, но материально-энергетических условий проявления планетной жизни.

Несколько лет тому назад, в 1938–1939 гг. [19], я попытался установить то отличие, которое может быть обусловлено научной методикой в *живом веществе*, т.е. в *совокупности живых организмов* от остальных земных природных тел. Для меня ясно, исходя из результатов научного опыта и наблюдения, что отличие жизни в таком ее понимании, как живого вещества планеты, не заключается в существовании каких-нибудь особенных, свойственных только ей жизненных сил, которые до сих пор ищутся неудачно в течение столетий в результате анимистических и виталистических представлений или энтелехии Дриша. Мне представляется, что результаты огромного труда и усилий мысли, здесь затраченных, могут считаться отрицательными. С середины прошлого века и в начале нашего они вызвали большое брожение в биологии, но научные результаты этого движения, скорее, могут интересовать философов, но не науку.

Эти силы только по названию и, мне кажется, ошибочному философскому толкованию могут быть сравниваемы с теми энергетическими или материаль-

ными проявлениями – силами натуралиста, с которыми натуралист должен и может считаться и на которых строится современное естествознание.

Точный логический анализ, как мне это ясно, при допущении их существования приводит к противоречиям.

Понятие силы в естествознании играло огромную роль в XVII, XVIII и в первой половине XIX столетия. Целый ряд основных законов, основанных на эмпирических наблюдениях, связан с этими представлениями о природных силах. В наш век научного атомизма все эти силы могут быть сведены к проявлению быстрого движения, с космической скоростью 1) материальных – атомы, электроны – и 2) энергетических частиц – фотоны. Те *жизненные силы*, которые принимались в биологии, не являются силами ни того, ни другого рода. Они не могут быть отнесены к энергетическим проявлениям, которые научно связаны с законом сохранения энергии, так как они ему не подчинены¹. С другой стороны, они, тем не менее, могут быть отнесены к проявлению движения материальных частиц. Таким образом, они остаются вне тех сил, с которыми имеет дело натуралист, если они существуют.

Они не входят в область тех физико-химических явлений, которые проявляются в жизненных процессах, и, в частности, в том живом веществе, в виде которого жизнь проявляется в биохимических и в геологических процессах, наблюдаемых естествоиспытателями.

Законы физики и химии в живом веществе те же самые, которые мы наблюдаем во всей остальной природе, но они не охватывают целиком всех явлений жизни. Это часто забывают.

Есть одна область явлений, которая в сущности лежит в основе всего естествознания и которая только сейчас на наших глазах выясняется во всем своем значении. Это пространственная геометрическая материальная основа всех земных *материальных* и *энергетических* проявлений, которая вошла в научную мысль как *симметрия природных явлений* (см, § 124 и сл.).

Мне кажется, только немногие ученые-физики и кристаллографы подошли конкретно и глубоко к этой области земных явлений, которых раньше абстрактно касались математики и которые в предсмертных записях одного из величайших натуралистов Пьера Кюри (1859–1906), глубоко вдумывавшегося в основы знания своего времени, связаны с состояниями земного пространства, чего раньше до него никто не думал.

В конце жизни, в последнем своем выступлении, в 1884 г. Луи Пастер перенес вопрос о причине отличия живого от косного (подобно П. Кюри в XX в.) к пространственным проявлениям, но он искал его в космических просторах, через которые проходит в своем движении Солнечная система [20]. Кюри перенес ее на нашу планету, на материальную ее обстановку.

Мне придется для понимания дальнейшего углубиться в это понятие, которое, к сожалению, из-за того, что П. Кюри был раздавлен ломовым в Париже, прежде чем он смог развить свою мысль, остается вне кругозора

¹ Жизненная энергия В. Оствальда (1853–1932), игравшая заметную роль, правда недолго, в начале XX столетия, которая входила в энергетическое его мировоззрение, в энергетику, не могла быть сведена к ее законам, вопреки всем его стараниям. «Умственная работа» не отражается, как другая работа, в тепловом проявлении, в тепловом эффекте и не может быть выражена в калориях. Я вернусь к этому вопросу в главе о ноосфере.

натуралистов, хотя, как раз, мне кажется, был прав П. Кюри, который считал это одним из самых основных научных вопросов дня.

В 1938–1939 гг. я писал [21]: «Кюри расширил понятие диссимметрии, перенес его в область физики, физических полей... Когда в 1905 году он вернулся к этим вопросам, он мыслил уже *о состояниях пространства*, заменив и в корне изменив этим новым понятием понятие диссимметрии. Внезапная смерть 19 апреля 1906 года прервала эту работу, и никто не поднял выпавшую из его рук нить. Кюри, говоря о состояниях пространства, резко и определенно передвинул всю проблему, поставленную Пастером, в другую плоскость: из проблемы кристаллографической в глубь основных геометрических представлений. Это стало известным через 18 лет после смерти Кюри, в 1924 году».

В этом году эта сторона идеи Кюри была указана М. Кюри (1867–1934) и его дочерью И. Жолио-Кюри в небольшой брошюре, посвященной памяти П. Кюри [22]¹.

119. Прежде чем перейти к состояниям земного пространства Кюри (см. § 129), необходимо остановиться на той неточной логической установке, которая сейчас царит в новой физике, когда она имеет дело с окружающими ее *природными явлениями*.

К каким природным явлениям относится пространство-время Эйнштейна или пространство Ньютона? В обоих случаях говорится, что мы имеем дело с Космосом или, точнее, с физическим пространством-временем и с пустым пространством Эвклида. В действительности Ньютон имел дело с пространством нашей *Солнечной системы*, а Эйнштейн и физики XIX–XX вв. реально имели дело главным образом с нашей Галаксией, с Галаксией *Млечного Пути*, т.е. с одной из спиральных туманностей.

Только после В. Гершеля (1738–1822) и В.Я. Струве (1793–1864) мы вышли настоящим образом за пределы Солнечной системы. В основу всего дальнейшего изложения я вношу это уточнение о естественных телах как объект научной работы, т.е. Солнечной системы и Галаксии Млечного Пути вместо «Космоса» и «реальности». Эта поправка далеко не безразлична, так как ясно становится теперь, что, например, Галаксии как спиральные туманности имеют неповторяемое определенное сложное пространственное строение, отличное от такого же строения солнечных систем. И, несомненно, в их

¹ В своей книжке [23] я указал на такое положение дел: в разговорах с ныне покойной мадам М. Кюри, в Институте которой я тогда работал, в 1925 г. по поводу указаний в ее книжке она мне говорила, что Кюри в семье все время говорил об этой работе как работе над состояниями пространства (*états de l'espace*). В его дневниках сохранилась только одна запись, что сегодня он пришел к большому и важному обобщению. Через несколько дней он погиб. Она думает, что в этом понятии (*états de l'espace*) и заключается синтез его мысли.

Пьер Кюри, с которым я встречался в своей молодости, в 1889–1890 гг., в Париже, личность которого – обаятельная и вместе с тем замкнутая – прекрасно выражена в этой книжке и в новой биографии другой его дочери Евы Кюри [24], давшей прекрасную биографию своих родителей, отличался необычайно долгим продумыванием и сжатостью своих научных работ. Он, прежде чем писать, продумывал до конца результаты своих работ и выражал их необыкновенно кратко. Улочка в окрестностях Медона, где он прогуливался обыкновенно, обдумывая свою работу, названа после его смерти улицей Пьера Кюри. Полное собрание его сочинений за 47 лет жизни заключается в одном томе [25]. Некоторые из важнейших его работ, например «Об эталоне времени», имеют всего одну-две страницы.

пространствах это должно отражаться. Не только физико-химическое пространство в пределах нашей планеты сложно и неоднородно и не может быть сравниваемо с пространством Солнечной системы, в котором она находится, без поправок и оговорок, но и пространство нашей Солнечной системы не может быть сравниваемо без поправок и оговорок с пространством нашей Галаксии Млечного Пути, в котором она находится. И те и другие являются разными, с точки зрения их пространства, естественными телами. Во всем дальнейшем изложении я буду говорить только об этих естественных телах и постараюсь оставить в стороне такие неопределенные представления, как Космос и реальность, которые явно разнородны.

Мы видим в нашем Млечном Пути проекцию многочисленных других Галаксии, лежащих за пределами пространства Млечного Пути, немногие свойства которых мы можем тоже изучать.

В основу современного точного естествознания кладется представление о *естественном (природном) теле* или о *естественном (природном) явлении*. Только такие тела изучаются натуралистом реально, будь это астроном, геолог или физик, который касается природных тел¹. Естественное или природное тело – это есть всякое природное, независимо от нас обособленное в пространстве и во времени от других природных тел и природных явлений, материальное или материально-энергетическое проявление. С точки зрения пространственных явлений мы различаем в окружающей нас земной, т.е. планетной, среде естественные тела: горные породы, почвы, океаны, минералы, кристаллы, животные, растения и т.п. То же видим мы за пределами нашей планеты и Солнечной системы: газовые туманности, галаксии или спиральные туманности, космическая пыль, кометы, метеориты, тектиты и т.п. Из этого перечисления ясно, что *нас окружающее в высшей степени неоднородно*, и понятие Космоса, или реальности, слишком неопределенно и двусмысленно для современного расцвета естествознания, есть остаток изжитых натуралистом представлений.

Доступная точному научному изучению реальность резко для нас распадается на несколько пространственно ограниченных естественных тел. Таковы: 1) пространство нашей Галаксии Млечного Пути; 2) пространство нашей Солнечной системы, обособленное в Млечном Пути; 3) пространства планет ее, обособленные в пространстве Солнечной системы, и 4) пространство нашей планеты – Земли, неразрывно с нами связанное и наиболее глубоко нам доступное.

В основе всего описательного естествознания, которого касается и физик, лежит представление о разнородности естественных природных тел и явлений в среде, им изучаемой. Коренное изменение произошло в начале XX в., в 1905–1915 гг., 37 лет назад, когда глубокий мыслитель и математик А. Эйнштейн [26], тогда в Мюнхене, а ныне здравствующий в США; положил начало коренному перевороту нашего понимания окружающей нас реальности.

Этот переворот по своему значению сравним с тем, который произвел англичанин И. Ньютон (1642–1727) в Кембридже более 270 лет назад; прошло

¹ Я пережил раньше (см. § 121), в моей молодости, научный спор о том, что такое естественное тело в научной работе натуралиста, и с тех пор неуклонно проникнут этим переживанием в моей научной работе, касается ли это малого или большого.

с тех пор более 10–12 поколений. Основные ньютоновы достижения сохранились, получили дальнейшее развитие, но понимание их коренным образом изменилось. Ньютон понимал реальность в рамках древнего эллинского миропредставления. Нельзя забывать той исторической научной обстановки, в которой он работал.

В это время впервые на основе открытых в XVI и XVII столетиях рукописей эллинских геометров и математиков, их изданий и переводов, творческая мысль западноевропейских ученых в этой области знания подняла нить, упущенную несколько столетий назад, и быстро перегнала достижения древних ученых (поскольку они были тогда известны), положив начало новой математике.

Ньютон закончил и математически оформил идею Аристарха Самосского, жившего больше чем за тысячу лет до него, о вращении Земли вокруг Солнца, дал научное строение Солнечной системы, точное и с тех пор нерушимое геометрическое о ней представление.

В конце XVII в. он закончил работу двух веков до него: Коперника, Кеплера и Галилея. После долгой борьбы с картезианством его идеи вошли в жизнь только во второй половине XVII в. и окончательно овладели наукой только в конце его и в начале XIX в., когда создалась небесная механика. Но еще в XIX в. такой крупный мыслитель и натуралист, как Гёте (1749–1832), стоял в стороне от его мировоззрения.

Идеи Ньютона вошли в науку с коренной поправкой физиков: пустое трехмерное евклидово пространство Ньютона было заменено тем же пространством, заполненным материальным континуумом – световым эфиром (Гюйгенс).

Говоря о Ньютоне, нельзя забывать о другой черте характера его личности и его обстановки, о среде его веры, аналогичной пуританам – его современникам, но иной, чем у них, среди которой он жил. Ньютон был глубоко верующим христианином, занимавшимся не только наукой, но и теологией. Для него одно было неотделимо от другого.

Христианство его было в значительной степени субъективно, как было субъективно христианство его великого современника Мильтона, тоже глубоко верующего христианина и философа-материалиста, считавшего души человека, дьяволов и ангелов материальными.

Ньютон был если не одинок в своем понимании христианства, то принадлежал к ничтожной кучке людей, с ним согласных. Он принимал единого Бога и считал Христа только человеком. Но в то же время он принимал Библию как истинный факт, который руководил его жизнью, и много сил потратил на то, чтобы точно определить время создания и конца того временного мира, в котором он жил, для понимания которого он открыл законы всемирного тяготения.

Законы мира, которые он открыл, для него были законами временного, имеющего конец, мира. К апокалипсису он относился как к истине, указывающей ближайшее будущее. Свое пустое пространство он рассматривал как атрибут Бога и в нем допускал «как бы мгновенное» действие сил тяготения на расстоянии, что казалось для науки его времени невозможным и кажется таким и теперь. В действительности он ввел в науку теологическую мысль, допуская «чудо», постоянно существующее и непрерывно действующее, проявление – атрибут единого Бога.

В среде, где он жил, было мало людей, которые могли так серьезно верить, как Ньютон [27]. Вдумываясь в биографию Ньютона и в его работу над апокалипсисом, нельзя признать правильным обвинение его Лейбницем в безбожии в печатном памфлете на французском языке [28], с которым он обратился к одному из членов английской королевской семьи. Ньютон отвечал на это обвинение не сам, а ответ был дан тоже в виде памфлета, с его согласия, одним из его друзей, Кларком, так же, как и он, теологом. Книга эта до сих пор интересна как исторический памятник. Но надо отметить, что Ньютон не мог примириться с действием всемирного тяготения на расстоянии «как бы мгновенно», как это он принял для своих законов. В течение больше чем двухсот пятидесяти лет блестящее, первое в то время в истории науки, подтверждение природных законов такого масштаба – и с такой точностью – и дальнейшее их развитие заставляют считаться с фактом. Сохранились указания, однако, что Ньютон искал объяснения мгновенного действия тяготения в развитии идей Фотье дю Дюйе (1664–1753), швейцарского ученого, объясняющего тяготение давлением мелких двигающихся частиц, заполняющих Космос [29].

Научная мысль пошла по другому пути. Физика и астрономы XVII и XVIII столетий не могли последовать Ньютону и заполнили пустое пространство Ньютона *физическим пространством* – гипотетической всепроникающей всемирной жидкостью (континуумом), световым эфиром (Гюйгенс) [30]. Только при этом условии научное представление о силе тяготения (силах всемирного притяжения материи) могло иметь место.

В конце XIX в., когда идея о свете как волнообразном движении эфира, казалось, окончательно вошла в жизнь, существование эфира казалось доказанным. Как раз в это время динамическое представление о материи входило в жизнь, и я помню прекрасно один из разговоров с моим товарищем по Московскому университету, одним из крупнейших ученых-профессоров физики П.Н. Лебедевым, который утверждал, что он уверен только в существовании светового эфира. Мы все не заметили, как быстро исчезло представление об эфире и заменилось той научной атомистикой, расцвет которой мы переживаем. Все попытки доказать вещественный эфир экспериментально окончились неудачей. Результаты опытов дали отрицательный ответ. Научно-математическая критика (главным образом Лоренца в Голландии) нанесла последний удар в 1906 г.

В это время, в 1905 г., появилась впервые теория относительности А. Эйнштейна, заменившая пространство Ньютона, как оно понималось в XIX в., пространством-временем Эйнштейна¹. Она произвела огромное впечатление. Но можно сказать, что только после второго мемуара Эйнштейна 1915 г. в пространстве-времени его теории относительности трехмерное пространство Эвклида, всем казавшееся понятным², исчезло, и в строении мира в физи-

¹ Идея о физическом пространстве-времени не принадлежит Эйнштейну, а развивалась много раньше и имеет длинную историю. Корни ее идут в XVIII в., научный, не философский вывод был, мне кажется, впервые сделан венгерским математиком М. Паладжем (1859–1924) в Будапеште [31].

² Представление об эвклидовом пространстве как геометрически наиболее простом связано со школьной традицией, привычкой. Образно представить бесконечное пространство Эвклида невозможно, как невозможно представить себе конкретно бесконечность [32]. И чисто геометрически эвклидово трехмерное пространство не является самым простым.

ческих природных процессах выдвинулось на первое место не пространство, как это было в ньютоновском представлении. По указанию Эддингтона [38] после 1915 г. в концепцию теории относительности вошла как основная часть в 1918 г. относительность мерил правила (gauge) (H. Weyl).

Создалось новое миропредставление, где роль пространства не была столь основной, какую она играла в ньютоновском представлении и во всех основных земных процессах до Эйнштейна.

120. С 1915 г. – второго мемуара Эйнштейна – ход научного знания быстро выдвинул ряд новых идей и эмпирических достижений, значение которых не меньше, чем значение идей, выдвинутых Эйнштейном. В результате создавалась новая физика XX столетия, находящаяся в бурном расцвете. Мы сейчас видим, что коренное изменение началось еще до Эйнштейна. Четыре новые большие области знания, считая идею Эйнштейна, в XX в. охватили и охватывают научное понимание реальности.

Во-первых, понятие пространства-времени теории относительности Эйнштейна. Он считал, что его пространство-время охватывает всю реальность, изучаемую физиками, правильнее сказать, естествознанием. В действительности, как указано в § 119, доступное научному изучению не выходит за пределы одной Галаксии Млечного Пути. В Млечном Пути мы видим проекции других Галаксий, независимых от него, в виде правых или левых спиральных туманностей, но пространственных свойств их мы пока изучать не можем. Реально научно мы с ними сталкиваемся. Явно, что эти спиральные туманности, так же как скопления космической пыли, «угольные ямы» астрономов, только проектируются в нашу Галаксию, а лежат за ее пределами.

Во-вторых, в 1901 г., за 4 года до Эйнштейна, немецкий физик Планк [34], сын самостоятельно мыслившего философа, создал понятие «кванты», не обратившее вначале на себя внимание, но которое в 1925 г., благодаря немецкому математику В. Гейзенбергу в Вене, давшему основные идеи, выросло в новую отрасль науки – *квантовую механику*, играющую сейчас огромную роль в работе новой физики [35]. Оно связало концепцию Эйнштейна с научной атомистикой, охватившей науку XX в.

В-третьих, идея, которая выдвинута, мне кажется, одновременно в философии и в физике в начале 1930-х годов: в 1930 г. философом и математиком Леруа [36] в Париже и в 1931 г. физиком Н. Бором в Копенгагене [37]. Но, мне кажется, те же идеи появились раньше, в 20-х годах [38]. Корни их идут в XVII век. Это идея, ярко высказанная Леруа, о коренном различии материально-энергетическом в макроскопическом и микроскопическом разрезах «мира». Реальное проявление этого явления мы видим в человеческой личности и в многоклеточном ее строении. В 1939 г. она была внесена в физику в двойственном характере ее законов – *молярных и микроскопических* – английским астрономом и философом А. Эддингтоном.

Широкое проникновение этих новых идей в физику вызвало в ней расцвет философских исканий, главным образом так называемой философской теории познания, созданной в XVIII и XIX столетиях в основном, немецкой философией идеалистических течений. Широкое влияние философии в физике резко бросалось в глаза по сравнению с другими отраслями естествознания, где под влиянием успехов той же физики в области радиоактивности

и смежных дисциплин примат науки выдвинулся на первое место и значение философии отходит на второй план.

В-четвертых, тот же А. Эддингтон [39] в 1939 г., охватив научным путем теорию познания как *научную эпистемологию*¹, поставил в рамки влияние философии на физику, так как эпистемологические выводы *всецело подчинены* тому же критерию, как и все научные факты и научные обобщения, т.е. научному опыту и наблюдению.

Мы видим здесь тот же процесс выделения из философии новых наук, который в XIX в. изъял из философии логику и психологию, а в XX в. теорию познания. Я думаю, прав Эддингтон, указывающий на большое значение этого подчинения научному критерию – опыту и наблюдению – эпистемологии. Она тем самым вышла из области философии.

В результате новых представлений пространство в аспекте реальности отходит на второй план по сравнению с прежними научными представлениями. Пространство-время Эйнштейна не есть пространство геометра, к которому мы привыкли. Когда говорят о том, что пространство Эйнштейна является римановским пространством четырех измерений – это только приближенная попытка выразить пространство-время Эйнштейна. В теории относительности приходится образно принимать во внимание замкнутое геометрическое сферическое пространство, имеющее свою иную, чем эвклидова, геометрическую структуру, но не охватывающее целиком пространство-время Эйнштейна, а только приближающееся к нему с достаточной для теории относительности точностью, но, возможно, сильно от реальности отличающееся. Когда говорят, что пространство Эйнштейна есть не эвклидово, а римановское пространство 4 измерений, это лишь приближенно отвечает действительности, нельзя оба эти явления (ньютоново, эвклидово пространство и часть пространства-времени Эйнштейна – римановское) так в научной работе сравнивать.

Мне кажется, что мы не можем сейчас ответить на вопрос, как проявляется пространство-время Эйнштейна в пределах нашей планеты².

Не ясно, каковы пределы Космоса, которые захватываются сферическим пространством-временем Эйнштейна, ограничиваются ли они нашей Галаксией или это пространство-время захватывает всю Вселенную, доступную изучению, исходя из нашей планеты?

Всеобщности признания, какую поколениями многовековой научной и школьной традиции имело пространство Эвклида, пространство-время

¹ Эпистемология – другое название для теории познания. Это не философская, а научная теория познания.

² Мне кажется, что мы имеем дело здесь со следующими двумя обстоятельствами: Эйнштейн, не делая опытов, глубоко логически проанализировал основные представления механики (мысленный опыт) и, проводя до конца логически свою мысль, приходил к заключениям, противоречащим ньютоновской механике, явно для всякого мыслящего человека. Мысль его шла при этом в бесконечном пространстве, чисто идеально подобно ньютоновскому. И затем он искал подтверждения некоторых из выводов в космическом пространстве астрономов, в явлениях, которые могут наблюдаться в пространстве галаксий, даже не солнечных систем. При этих условиях я считаю логически возможным и правильным не принимать во внимание пространства Эйнштейна, поскольку я имею дело с ограниченными физико-химическими пространствами в пределах нашей планеты, в точке его пространства.

Эйнштейна не получило. В действительности пространство Эйнштейна, если это действительно пространство, которое можно сравнивать с пространством Эвклида, конечно, сферическое и четырех измерений, т.е. одна из форм римановской геометрии. Оно единое, захватывающее весь эйнштейновский Космос.

Неоднородное пространство, которое мы научно изучаем на нашей планете – Земле, геометрически отвечает точке в эвклидовом пространстве Ньютона и в пространстве-времени Эйнштейна. Изучая геометрические состояния этого пространства, мы приходим к парадоксу, что мы не можем выходить за пределы геометрической точки, как бы научно работаем в пределах этой точки.

121. В пространстве-времени Эйнштейна и в пространстве Ньютона до него наша планета является точкой. Говоря о планетных состояниях пространства, мы можем не считаться с представлениями Ньютона и с представлениями Эйнштейна, поскольку они выходят за пределы нашей планеты. Оба представления это делают.

В пределах планеты Земля мы имеем дело только с планетным состоянием пространства и других пространственных проявлений на ней не видим, поскольку мы из ее пределов не выходим. По сравнению с Солнечной системой или с Галаксией мы для нашей планеты находимся в том же самом положении макроскопического и микроскопического разреза мира, о котором говорилось в предыдущем параграфе (см. § 120).

Для Земли – точки – выявлением ее планетного пространства являются пространственные проявления ее земных естественных тел и явлений. Они определяются симметрией. Я рассматриваю симметрию, согласно Кюри, как состояние физико-химического пространства. Она отвечает природной геометрии. Только научным изучением симметрии можно выяснить, какие геометрические пространственные состояния могут на Земле встречаться. Земное пространство есть всегда физико-химическое пространство. Очевидно, оно многообразно. Многообразие это может выясниться только научным наблюдением, и возможно, что мы можем выйти здесь за пределы эвклидовой геометрии, ибо все геометрии одинаково правильны, и какие из них проявляются в окружающей нас среде, мы не знаем. Это нельзя решить а priori. Но можно решить только из научного изучения симметрии. Если они реально существуют, то они в ней выявятся.

Я рассматриваю явления симметрии как эмпирически изучаемые и научно охватываемые *пространственные проявления* земных природных тел. Насколько я могу судить, такое понимание симметрии, выросшей в целое научное течение, является необычным. Я сам пришел к этому простому пониманию только на 60-м году моего размышления о симметрии (см. § 123). Мне кажется, такое состояние нашего понимания природных явлений связано со сложной историей понимания в естествознании пространства, как оно проявляется в окружающей нас природе. Прежде чем идти дальше, надо на этом остановиться.

Натуралист редко подвергал его исследованию. Он брал готовые результаты, частью абстрактной геометрии, частью математики (теория чисел), частью философских исканий (Гельмгольц, его физическое пространство) [40]. Натуралист, исходя из школьной рутины, все время мыслил о едином

пространстве, но не о разных природных пространствах, не о состояниях пространства. Он не сознавал, что пространство нашей планеты и вообще *пространство планет* есть *особые пространства*, нигде, кроме планет, не наблюдаемые. В течение тысячелетий, говоря о природных или естественных телах, он не сознавал и не утверждал (что сейчас приходится делать), что *каждое природное тело и каждое природное явление имеет свое собственное материально-энергетическое специфическое пространство*, которое натуралист изучает, *изучая симметрию*.

Утверждая это, я ввожу в геологию новое определение – *пространство земной реальности*, то, которое всегда изучает неизбежно натуралист. В частности, геолог изучает пространственные явления (т.е. явления симметрии) только в пределах нашей планеты, только в земном планетном пространстве, в виде различных его состояний. Ничто не указывает, чтобы в этом планетном пространстве проявлялись все те геометрические свойства, которые проявляются, например, в пространстве галаксии или Космоса, в котором наша планета является математической точкой со своей характерной для нее массой. Обратное больше чем вероятно. Он может, однако, распространять свои выводы на группу планет, сходных с Землей, на земные планеты (см. § 117).

Стоя на реальной почве натуралиста, мы работаем в ограниченном пространстве планеты и можем, оставив в стороне ненужные нам гипотезы, держаться только планетного пространства, определить отношение которого к космическому пространству Эйнштейна мы можем только, когда точно геометрически изучим планетное пространство в его основных проявлениях. В планетном пространстве, характеризуемом симметрией, едва ли могут проявляться без серьезных поправок свойства пространства Галаксии Млечного Пути, которое отвечает пространству Эйнштейна.

Мы изучаем проявления пространства планетного, только изучая земные, или, как их называют, естественные тела и естественные явления. Мы их можем изучать с пространственной точки зрения, только исходя из их симметрии. Как я вижу теперь, мне пришлось пережить в моей молодости, в 80-х годах и следующих, попытку решить вопрос о том, имеем ли мы дело с естественным телом в данном частном, но очень важном случае, на поднятом В.В. Докучаевым споре между геологами и агрономами, является ли почва особым от минералов и горных пород естественным телом или нет. Такого рода случаи в истории науки редко встречаются. Вопрос был решен в положительную сторону и в настоящее время не вызывает никакого сомнения. Пространственно почва выделяется от всего окружающего, и мы можем говорить о пространстве почв как отличном от пространства горной породы или минерала или живого организма. Можем различать пространственно разные почвы, так же как мы различаем пока менее точно разные кристаллические пространства минералов и химических соединений. Наша планета, в конце концов, пространственно чрезвычайно разнородна, но эта разнородность может быть сведена к разным планетным физико-химическим пространствам.

Физико-химическое пространство почвы совсем иное, чем физико-химическое пространство минерала или горной породы или водного раствора. В основе лежит материально-энергетическая среда, причем для реального пространства физические состояния материи играют первостепенную роль.

Однородных состояний пространства, отвечающих состояниям материи на нашей планете, мы имеем несколько: твердое (монокристаллы, аморфные, мезоморфные тела), жидкое, газообразное, глубинно-планетное состояние, физический вакуум.

Твердые тела в однородном состоянии обыкновенно не достигают больших объемов и в больших массах являются зернистыми, песчаными и т.п. Газообразные занимают все пространства сплошь до конца в виде однородной массы и могут переходить в физический вакуум. Их молекулы подвижны так же, как жидкости, подвижность которых ограничивается твердой средой¹.

В настоящее время вопрос о том, что мы имеем дело с разными состояниями пространства, наиболее выяснен для кристаллических пространств, число которых в планетном пространстве бесконечно, но может быть сведено к 229 основным типам (см. § 127). Очевидно из всего сказанного, что планетное пространство неоднородно и разнообразно.

Пространство геометра однородное, неограниченное и беспредельное, может быть только *пустым или заполнено не материальной, а энергетической средой*, например фотонами. Для однородного газообразного и жидкого состояния материи оно может захватывать большие объемы, но все-таки ограниченные. Таковы газообразные звезды и газовые туманности, занимающие огромные пространства. Таковы жидкие массы, вроде океанов Земли, которые занимают тысячи кубических километров. Вероятно, таково же то глубинно-планетное состояние материи, которое занимает внутренность планет, и нашей Земли в том числе. В твердом состоянии однородное пространство всегда очень ограничено. Оно образует в нашей природе огромные скопления неоднородных тел, каковыми являются горные породы, строящие континенты и острова, в которых однородные пространственные состояния микроскопически мелки.

В действительности в окружающей нас природе мы нигде не имеем дела с единым однородным пространством, а имеем дело со сложным природным явлением, понимание которого быстро входит в жизнь в последние годы с *пространством-временем*.

Но для времени мы не имеем такой древней традиции, которая создавалась вокруг Эвклида. Чтобы упростить дальнейшее изложение, используя нашу привычку мыслить о пространстве отдельно от времени (что в реальной природе, окружающей нас, в научном опыте и наблюдении мы по существу сделать реально не можем), я в дальнейшем изложении буду говорить только о пространстве, о земном пространстве, состояниях его, упуская, что надо говорить в сущности о «пространстве-времени», или о «пространствах-временах»². Натуралист только с ними, а не с абстрактным единым пространством как целым имеет дело.

Пространство как целое есть математическое и философское обобщение, лежащее в основе геометрии. С этим целым натуралист так же мало имеет

¹ Молекулы твердого вещества, несомненно, находятся в движении, но, как мы теперь точно знаем из наблюдений над природными кристаллами путем исследования радиоактивности, их атомы не смещаются по отношению друг к другу в течение сотен миллионов лет, а больше двух миллиардов, по крайней мере.

² Реально пространство-время мы видим в природе только в живом веществе (см. § 132–133).

дело, как он мало имеет дело с Космосом. В своей научной работе он сталкивается с отдельными природными телами, возможно, в разных пространствах находящимися и его составляющими. Натуралист имеет дело с физико-химическими пространствами (см. § 125), в действительности – с монокристаллами, в их выявлении, как континуумов и дисконтинуумов, т.е. с кристаллическими пространствами (см. § 127).

122. Эйнштейн стоял на эмпирической научной базе и в основном не противоречил ей. Даже наоборот, ею пользовался для проверки своих выводов. Он использовал и то новое расширение геометрических знаний, широкое распространение которых мы видим в настоящее время и которое связано с допущением *многообразия геометрий*, частным случаем которой является геометрия древних – геометрия Эвклида.

Мысль о существовании разных геометрий в окружающей нас природе появилась в XVII и XVIII вв. в связи с логическим анализом постулатов и аксиом Эвклида. Возможно, что корни ее идут глубже. Мы имеем для древнегреческой и древнеиндийской геометрий только остатки существовавшей некогда литературы и обрывки бывших знаний. Ход истории древней геометрии является далеко не ясным и отрывочным.

В этом вопросе возможны и существовали две принципиальные разные точки зрения. Во-первых, точка зрения о геометрической сложности окружающей нас реальности и, во-вторых, о господстве единой геометрии в окружающем нас Космосе. То представление о космическом пространстве как об одной из форм римановской геометрии (Эйнштейн) как будто бы приводит к представлению о геометрическом единообразии окружающего нас мира. Но, с другой стороны, эмпирическая неизбежность признания планетного пространства, отличного от пространства Космоса (см. § 121) и входящего в рамки эвклидова, а может быть, и римановского, пространства, заставляет натуралиста-эмпирика считать геометрическую структуру материальных и энергетических природных проявлений сложной.

Оставляя в стороне найденные позже в забытой литературе искания геометрической разнородности, можно считать, что впервые профессор Казанского университета Н.И. Лобачевский (1793–1856) [41] вскрыл в 1830-х годах, исходя из постулатов Эвклида, возможность существования геометрии, по существу от геометрии Эвклида отличной, геометрии, которая вошла в жизнь как геометрия Лобачевского. Лобачевский пытался проверить ее существование, измеряя треугольники, образованные отдаленными звездами, сумма углов которых по его геометрии должна была быть больше 180° . Эта попытка не привела ни к чему, и вопрос оказался гораздо более сложным.

В 1860-х годах немецкий математик Риман (1826–1866) [42] открыл новую геометрию.

Грубо характеризуя идеи Лобачевского и Римана, можно опираться на то, что в геометрии Эвклида сумма углов треугольника равна 180° , в геометрии Лобачевского она больше 180° , а в геометрии Римана она меньше 180° .

Сейчас до известной степени можно рассматривать, что в каждой из ветвей этих геометрий есть бесчисленное множество отдельных проявлений геометрий типа Эвклида, Лобачевского, Римана. Уже несколько десятилетий как идет синтетическая работа сведения этих геометрий в единое целое, и некоторые считают, что такой явится измененная геометрия Римана.

Переходя теперь к идеям Кюри (§ 118), мне кажется правильным во всем дальнейшем изложении говорить не о разных пространствах, а о *разных состояниях земного пространства*, ибо, как видно из окружающей нас природы, физико-химическими процессами пространство природных тел постоянно меняется.

Эти состояния более или менее обособлены, иногда вполне замкнуты, могут принадлежать к разным геометриям, учитывая возможность в ближайшем будущем единой геометрии. Физическое пространство может быть не материальным, а энергетическим, например пространство, заполненное только световыми лучами. Но такого мы в окружающей нас земной природе не видим. Химическое пространство всегда материально, состоит ли оно из атомов или из электронов. Земные пространства отвечают всегда состояниям физико-химического пространства, всегда материального или энергетически-материального. Они геометрически определяются симметрией (см. § 121).

Продолжающиеся до сих пор попытки свести все природные проявления пространства или пространства-времени в их эмпирическом выявлении к одному Эвклидову пространству не привели к точным результатам и не дают ясной картины окружающего.

Мне представляется безнадежным и неоправданным научной логикой продолжать эти попытки. Мысль Кюри о диссимметрии как состояниях пространства открывает, мне кажется, нам новые возможности, новые пути понимания окружающих нас земных явлений.

Точное наблюдение реальности указывает, что в ней пространственные отношения – явления симметрии – лежат в основе всех ее химико-физических явлений, нами изучаемых, и области этих явлений бесконечно, но закономерно разнообразны.

Научным эмпирическим обобщением, а не гипотезой является вывод, что это разнообразие обуславливается разнообразием того пространственного субстрата, который лежит в их основе, т.е. симметрии. Явления симметрии, эмпирически проявляемые в земной природе, свои в каждом из природных земных тел и процессов, дают понятие о геометрических свойствах и геометрическом строении Земли как планеты, о состояниях ее пространства.

В естествознании положение учения о симметрии, охватывающей огромные области физики, химии (стереохимии), кристаллографии до сих пор не определено и не осознано в его значении.

Симметрия не есть дедуктивное отвлеченное представление, как часто думают о симметрии натуралисты, а есть эмпирически выработанное вначале бессознательно и, как мы видим дальше, идущее в глубь веков (см. § 124) *эмпирическое обобщение, до известной степени бытовая точка зрения на окружающее, бытовое выражение, обработанное геометрической мыслью геометрических пространственных правильностей, эмпирически наблюдаемых в земной природе. Симметрия характеризует разные состояния земного пространства.*

123. Прежде чем перейти к рассмотрению этих явлений, я думаю, может быть, будет проще всего в этой не вошедшей в систему наук области, если я попытаюсь подойти к ним субъективно, изложив жизненную историю моего ознакомления с этой областью явлений.

Я встретился с понятием симметрии на студенческой скамье, когда больше 60 лет тому назад, в 1881 г., начал заниматься кристаллографией, слушал лекции по кристаллографии в изложении проф. В.В. Докучаева в Петербургском университете. Тогда мы изучали кристаллографию как науку о природных многогранниках минералов и химических соединений, и законы симметрии были законы этих многогранников. Это было просто. И так было не только у нас, но и в Западной Европе и в Америке.

Прекрасная для своего времени книжка Н.И. Кокшарова (1818–1892) 60-х годов [43], которой мы пользовались студентами, вполне отвечала такому представлению. О симметрии в ней только упоминалось. Но в это время уже начинались и существовали течения, которые в течение моей жизни привели к представлению об учении о симметрии как области знаний, *определяющей геометрические проявления природных пространств*. О них я уже знал, кончая курс Петербургского университета.

Через три года по окончании университетского курса, в 1888 г. мне пришлось в заграничной командировке слушать курс П. Грота (1843–1927) в Мюнхене, который был больше в курсе новых течений, чем мы были тогда в Петербурге, хотя в действительности оригинальная главная творческая работа в этой области шла в это время как раз в Петербурге – Е.С. Федоров (1853–1919). Но его работы в Горном институте не привлекали тогда к себе широкого внимания [44].

П. Грот читал тогда свой университетский курс по-старому, который мало отличался от курса В.В. Докучаева (1846–1903) (лекции которого я издавал)¹.

Новые направления, помимо Федорова, создавались тогда в Париже (Малляр)² и в Мюнхене (Л. Зонке), лекции которого я слушал. Но впервые более глубокие понятия о симметрии были выражены Е.С. Федоровым³ в кратком учебнике, вышедшем в 1891 г., резко изменившем мою постановку преподавания кристаллографии в Московском университете в первые же годы моей профессорской деятельности, заставившей меня углубиться в понятие симметрии больше, чем я это делал до тех пор. Большая заслуга П. Грота заключается в том, что он первый поддержал искания Е.С. Федорова, работы которого стали печататься на немецком языке и стали доступны в мировом масштабе в то время, как они не были признаны в нашей стране. Как мы увидим дальше (см. § 127), логически правильное развитие идей Федорова привело в 1934 г. советских кристаллографов и геометров к представлению

¹ Книга П. Грота «Physikalische kristallographie» уже вышла в том издании, где новые идеи получили преобладание. Но на лекциях его это мало отражалось. Мне кажется, это был последний курс, прочитанный им по-старому. Физик по образованию и по интересам, ученик Магнуса в Берлине, П. Грот был одним из первых, понявших новые идеи и организовавших работу в этом аспекте. Я работал у него в самом начале происшедшего у него перелома.

² Работы Малляра я знал еще в Москве, где мне их указал С.Ф. Глинка, ученик проф. В. Ерофеева. Мы оба были хранителями Минералогического кабинета Петербургского университета. Сам В.В. Докучаев кристаллографией глубоко не интересовался.

³ Л. Зонке (1842–1897), начавший работать много раньше Е.С. Федорова, начал развивать в 1860-х годах первым с большой глубиной те принципы, которые привели в конце концов к созданию представления о кристаллических пространствах (см. § 127). Он геометрически связал симметрию многогранников с симметрией непрерывных систем, как теперь говорят, непрерывных дисперсных континуумов.

о кристаллах как *формах кристаллических пространств* (состояниях кристаллических пространств) и о законах симметрии как о геометрических законах векториальных, трехмерных однородных природных евклидовых пространств.

Одновременно с этим я изучил представление о симметрии в другом подходе, в котором исчезали многогранники и который охватил кристаллофизику.

Здесь изучение работ и личные разговоры с Э. Малляром (1833–1894), профессором «*École des Mines*» в Париже и П. Либишем (1852–1922) в Берлинском университете¹, которые самостоятельно и независимо развивали эту область симметрии и с которыми я встречался во время моих частых поездок за границу, позволили мне охватить другую сторону явлений симметрии, проявляющуюся в явлениях энергетических или в материальных явлениях, связанных с движениями газов и жидкостей (поверхности растворения).

Это выявило для меня резко другой геометрический аспект явлений симметрии, сводящийся в конце концов к той же геометрической основе природных физико-химических явлений, закономерно объединяющей некоторые из кристаллических пространств в одно целое². В 1888–1889 гг. в Париже я работал в лаборатории Ле Шателье в «*École des Mines*», который был тогда в полном блеске своих сил, и у него там впервые познакомился с идеями Гиббса, которые тогда не были еще переведены на немецкий язык, и я пользовался его работами, напечатанными в Коннектикутской Академии наук. Они оказали на меня огромное влияние, так же как и работы самого Ле Шателье в этом направлении. Это отразилось на моей пробной лекции в Московском университете в 1889 г. «О полиморфизме как общем свойстве материи»³. Здесь я впервые ввел полиморфические разности как кристаллические состояния материи, как аналогии физическим состояниям вещества и как связанные с переходом из одного состояния в другое состояние симметрии с определенным тепловым эффектом. Уже в молодые годы я заинтересовался геометрическим проявлением поверхностных сил в природных кристаллических многогранниках, резко нарушавших их форму и как бы дававших переход, как думали некоторые кристаллографы и биологи, к форме живых организмов – к многогранникам, в которых исчезали плоские грани.

Поверхностные силы играют основную роль в форме живых организмов, и такую же, можно было думать, роль играют они в этих многогранниках. Я работал над поверхностными силами экспериментально у Зонке в Мюнхене и позже в Москве повторял и развивал опыты Плато, ничего об этом не печатая. Я ознакомился с большой разбросанной литературой в этой области, выходящей за рамки обычных классификаций наук (Шарф, Фогельзанг, О. Леман, Е. Геккель и др.).

¹ Малляр и Либиш оба умерли еще в полном расцвете сил.

² Здесь проявляется в материальных явлениях непрерывное свойство пространства, которое в многогранниках является нам в виде прерывистых систем или прерывистых тел. Это два резко различных проявления симметрии, не охваченные до сих пор достаточно глубоким логическим анализом.

³ Лекция эта была напечатана тогда же в «Ученых записках Московского университета» и отдельно. Около двух лет работал я по полиморфизму, думая развить докторскую диссертацию, повторяя старые и вводя новые опыты. Из большого материала, частью нового, я напечатал только немногие частные случаи, частью в *Chemie der Kristallen* Арцруни, часть в *Chemische Kristallographie* Грота.

Для этой же цели я в свое время изучил работы проф. Бомбичи [46] в Болонье и ознакомился с интересной коллекцией, собранной им в течение всей жизни в этом городе. Но при тщательном рассмотрении никаких явлений перехода к симметрии живых существ здесь уловить было нельзя.

Вернувшись в старости к этому вопросу о живом и косном, исходя из идей П. Кюри я пришел к заключению, что в живых веществах мы имеем дело с состоянием пространства, не отвечающим эвклидовой геометрии. К этому я вернусь ниже (см. § 132 и сл.).

Я основывался на факте, открытом Л. Пастером в 1848–1860 гг., принципиальное значение которого было ему вполне ясно (см. § 140), что явления, наблюдаемые при кристаллизации в теле организмов, т.е. в пространстве, им занятом, основных кристаллических соединений, строящих тела организмов, не могут отвечать кристаллическим структурам, образующимся в эвклидовом трехмерном пространстве, так как один «стерически правый» изомер всегда исчезает. Уже Пастер доказал, что вопрос идет не только о кристаллах, но и о химических молекулах.

Вопрос, поднятый Пастером, связан с вопросом о правизне и левизне и позволяет чрезвычайно углубиться в физико-химические явления. Уже Пастер связывал его, как я уже указывал (см. § 118), с характером пространства даже космического.

Правизна-левизна есть явно геометрическое понятие. Но она странным образом в геометрии отсутствует. И геометры подошли к ней только в XX в., а натуралисты только в явлениях симметрии. В геометрии понятие правизны и левизны до сих пор логически до конца не обработано и его значение только начинает входить в сознание и получать место в геометрии. Неопределенное положение правизны-левизны как геометрического понятия сохраняется и до сих пор. Но в природных процессах симметрии она играет огромную роль.

В основах геометрии она должна быть включена, вероятно, как пропущенный Эвклидом постулат. Такое положение резко отражается на явлениях симметрии, изучаемых натуралистом в природе.

Обратившись к вопросу о правизне и левизне в природе, я встретился с огромной литературой, раньше мне не известной, биологической, частью конхиологической, настоящих сводок которой тогда не было, и которая в значительной части выходила за область моих интересов. Когда я начал с ней знакомиться, существовала только одна своеобразная, но очень интересная сводка: «О спиральных в природе, в жизни и в искусстве» в двух изданиях Т. Кука [47], любителя, эстета и философа, подходившего к этому вопросу совершенно с другой стороны; его интересовали спирали и их проявления в окружающем мире, в быту и в искусстве. Эта сводка растений сохранила свое значение до сих пор; но для животных уже после того, как я стал этим заниматься, вышла очень основательная, конечно, как все сводки, все-таки неполная, сводка проф. Людвиг в Галле, с которым я вошел в контакт и который продолжает свою полезную работу до сих пор и собрал чрезвычайно ценный, критически продуманный материал [48].

Из этой сводки ясно, какое огромное и глубокое значение имеют в жизненных процессах животного царства правизна и левизна, и сколько здесь еще неясного, только намечающегося. Биологи до сих пор еще не переработали и не сделали выводов из этого огромного материала, который содержится

в сводках Людвига. Эта работа стоит на очереди. Необходима такая же сводка для растений.

Знакомясь с этим вопросом, я увидел, что здесь нельзя идти только наблюдательным путем и что здесь необходима постановка эксперимента.

В Биогеохимической лаборатории в Ленинграде, кажется в 1921 г., я поставил темой работы, левые ли белки в левых и правых разностях брюхоногих моллюсков (*Gastropoda*). Тогда выделить эти белки, которые оказались совсем неизученными, нам не удалось. После переезда в Москву в 1934 г., благодаря помощи проф. А.Р. Кизеля в Биохимической лаборатории Московского университета, которому я приношу здесь благодарность, проблема была разрешена. В обеих разностях белки оказались стерически левые (см. § 143) [49]. В Москве я встретился с работами Г.Ф. Гаузе, профессора Московского университета, в лаборатории проф. Алпатова, который работал и работает в тесном контакте с Биогеохимической лабораторией и который углубил и расширил в новой обстановке XX в. проблему, поставленную в XIX столетии Пастером. К его работам мне придется вернуться позже (см. § 143). В 1940–1941 гг. он дал на русском и английском языках сводку как своей работы, так и всей проблемы диссимметрии Пастера или, как он ее называет: «Об асимметрии протоплазмы и оптической активности живого вещества» [50].

Вместе с проф. Г.Ф. Гаузе в Биогеохимической лаборатории мы обсуждали этот вопрос с физиками и математиками Москвы. Выяснилась необходимость новой работы в области геометрии Римана, которая ждет своего исследователя. И пока приходится ждать.

Знакомясь с литературой о количестве правых и левых многогранников при кристаллизации, происходящей вне тела организмов, я встретился с неясностью конечного результата и счел необходимым проверить этот результат в природном процессе. Я остановился на одном из наиболее кристаллографически изученных тел – на кварце. Работа была проделана по моему указанию Г.Г. Леммлейном в лаборатории кристаллографии Академии наук. Были изучены: α -кварцы и β -кварцы для каждой полиморфной разности из одного определенного месторождения. Оказалось, что при достаточном числе их – несколько сот для α -кварцев – отношение правых к левым приближается к единице тем точнее, чем больше количество монокристаллов [51]¹. Это показывает, что коренной пространственной разницы между правизной и левизной в этих явлениях кристаллов, которую мы наблюдаем в живых организмах, здесь нет. Как доказали позже советские геометры и кристаллографы (см. § 127), правые и левые кварцы находятся в одном и том же эвклидовом трехмерном однородном векториальном пространстве, но принадлежат к разным федоровским группам (см. § 127). Таким образом, ясно, что *нельзя сравнивать кристаллизацию в кристаллическом пространстве и кристаллизацию в теле живых организмов*.

С тех же молодых лет я следил за работами О. Лемана в Карлсруэ и много лет находился с ним в непрерывном научном обмене. О. Леман был одним из

¹ Пока эта работа печаталась в «Трудах» нашей лаборатории, благодаря плохой организации печатания в нашей Академии, прошло почти два года, пока она вышла в свет после представления. В это время немецкий кристаллограф Г. Тромсдорф [52] доказал то же самое больше чем на четырех тысячах кристаллов α -кварца.

основоположников вопроса, как говорят теперь, о мезоморфных состояниях и о «жидких кристаллах». Некоторые из опытов Лемана я проделывал. В своей молекулярной физике и в ряде других работ [53] он собрал, частью идя путем пионера, огромное количество точно установленных фактов, которые до сих пор заслуживают непрерывного изучения.

В течение ряда лет в Париже я имел случай видеть и внимательно изучать препараты П. Гобера, оригинального работника в области мезоморфных структур. К сожалению, при моем посещении Страсбурга я застал уже больным проф. Ж. Фриделя (1865–1933), который ввел в науку представление о мезоморфных состояниях. Я был в курсе его работ с самого начала только по литературе.

В то время я придавал философии гораздо больше значения в научной работе, чем придаю сейчас. Мои попытки ознакомления с философскими представлениями о симметрии, о положении ее в области философских исканий показали мне почти полное отсутствие философской мысли в этой области и малый интерес тех попыток, которые были.

Подходя сейчас к явлениям симметрии, исходя из идеи П. Кюри, я столкнулся с резким отличием между теми выводами эмпирического знания, которые лежат в моих представлениях о симметрии, и теми, которые господствуют сейчас в нашей школе и в представлениях о реальном пространстве наших физиков и математиков. Мне необходимо вследствие этого прежде, чем идти дальше, коснуться вопроса о симметрии и о физико-химическом пространстве во всем его объеме.

124. Я подошел здесь в моей работе к представлениям, частью резко противоречащим господствующим в науке взглядам, противоречащим в такой степени, что я не могу с этим не считаться.

Один мой вывод представляется мне бесспорным научным эмпирическим обобщением и как таковой должен быть принят. Это вывод о том, что симметрия является эмпирическим обобщением, охватывающим пространственные свойства геометрии физико-химических пространств природных тел. Этих пространств, вероятно, столько же, сколько природных тел и природных явлений. Одновременно, очевидно, та же идея независимо появилась у русских кристаллографов и геометров. Она выразилась в 1934 г. Введение советскими геометрами и кристаллографами понятия о кристаллических пространствах и выделение 229 таких пространств в природе в химических определенных соединениях и минералах из числа 240 федоровских групп позволяет мне здесь стоять на прочной почве и развивать дальше открытый геометрами и кристаллографами путь о сложности и неоднородности земного планетного пространства, в сущности о его количественно определенных различных состояниях. В действительности этим путем они установили существование миллионов обособленных кристаллических пространств в окружающей нас природе, т.е. на нашей планете в виде минералов-монокристаллов и получение их в любых количествах в наших химических опытах и в технике (см. § 127).

Другой мой вывод по существу более сложен и глубок, но столь радикально противоречит вековым обычным научным представлениям, что я не могу его рассматривать иначе как научную гипотезу, затрагивающую основные положения нашего научного мышления. Когда ученый подходит в науч-

ной работе к выводам такого рода, у него нет другого пути, как, построив научную гипотезу, проверить ее на данных реальности. Но в данном случае такая попытка невозможна, так как та область геометрии, с которой, по моему мнению, мне приходится иметь дело (см. гл. XVI), – область научно совсем не затронутая. Нужно добиться, и это является моей очередной задачей, разработки ее в нужной для нашей работы степени геометром, достаточно для этого компетентным. Для этого нужно время, и я постараюсь это организовать. Но пока что мне не остается никакого другого пути, как идти логическим анализом и доказать существование того явления, которое эмпирически проявляется, учитывая его эмпирическую проверку при первой возможности (см. гл. XVI).

125. Несмотря на большую литературу о симметрии и на огромные практические приложения, очень нелегко выяснить положение симметрии в системе наук. О ней говорят как о чем-то общеизвестном, самопонятном и делают из нее выводы, которыми пользуются на каждом шагу. Но мы не найдем в этой литературе точного определенного указания на то, *что же представляют из себя явления симметрии в природных процессах*. Отчасти это связано с тем, что натуралисты очень мало занимаются логикой и методологией своих наук, считая многое само собой понятным. Это ярко отражается в современном состоянии естествознания, огромные успехи которого охватывают всю научную человеческую мысль. Как раз эти успехи, их значение не дают времени задуматься над ними тем лицам, которые их получают. В гуще работы, в традициях, с этим связанных, мы не имеем возможности изучать самый процесс получения научной истины. Нас более интересует научный точный результат и те выводы, которые мы можем из него сделать. В обычных случаях в этом нет и надобности.

Мне кажется, случай с симметрией чуть ли не представляется в науке единственным, который позволяет в научной работе ярко чувствовать и видеть его неудобство для научных результатов.

Напрасно мы стали бы искать изложения современной логики естествознания. Можно сказать, что ее нет. И если бы мы захотели задуматься над этим, то нам пришлось бы оставить в стороне огромную работу, которая идет и происходила в течение поколений в этой области, неправильно относимую к философии, и обратиться к Демокриту за несколько столетий до Аристотеля, основы логики которого более отвечают логике естествознания, чем логика, с которой имеют дело современные натуралисты, построенная без их участия, и корни которой идут к Аристотелю¹.

¹ Это понимание я встретил только как сделанное попутно глубоким американским математиком и философом Пирсом [54]. Демокрит, логика которого до нас не дошла, строил ее как логику вещей, т.е. реальных природных тел. Аристотель, хотя крупный натуралист, строил свою логику на логике понятий о вещах. Настоящая логика естествознания есть логика вещей, т.е. логика природных тел. Понятие о них иногда меняется чрезвычайно быстро. Например, вода средневековья Ван-Гельмонта в XVII в., Лавуазье в XVIII, Менделеева в XIX и наша в XX (с изотопами) – это одно и то же понятие и разные «вещи». Если, конечно, понятия воды средневековья и Ван-Гельмонта нам чужды, то влияние на наши понятия идей Лавуазье и Менделеева еще живы. Натуралист должен постоянно возвращаться к «вещам», т.е. к проверке опытом и наблюдением, и менять определение понятия. Не всегда, но часто изменения происходили такие большие, что понятие переменилось до неузнаваемости, а слово осталось.

В науках о природе *симметрия есть выражение геометрических пространственных правильностей*, эмпирически наблюдаемых в природных телах (и явлениях). Она, следовательно, проявляется, очевидно, не только в пространстве, но и на плоскости, и на линии. Эти правильности более глубоки, чем физические и химические явления, в которых они нам проявляются и которые они охватывают. *Законы симметрии – это геометрические законы природных тел, т.е. физико-химических пространств нашей планеты, как я теперь бы их определил.* В нашем современном представлении – это геометрическая основа всех природных физико-химических пространств (см. § 119), в том числе и кристаллических. Физические и химические явления подчинены симметрии, так как симметрия определяет расположение атомов в пространстве, как это проявляется в законах кристаллографии и стереохимии и может быть проверено наблюдениями в рентгеновском и электронном свете.

Симметрия является субстратом, охватывает свойства всех физических полей, с которыми имеют дело физик и химик.

Хотя философы очень много занимались эстетикой, где симметрия должна была бы играть огромную роль, но, насколько я могу судить, глубоко философы не подходили к этому вопросу и отходили в область психологии, которая для натуралиста неизбежно выходит из области философии и является научной, а не философской дисциплиной. Я оставляю в стороне и психологический, и эстетический подходы к симметрии, которые мы находим у некоторых натурфилософов XIX столетия (Карус).

Остановлюсь только на двух: с философской стороны к симметрии подошел Е. Мах в 1870-х годах [55], исходя из ее физических проявлений, и, мне кажется, не охватил всего ее значения. Другой подход был сделан в XX в. философом резко другой школы – Ружье [56]. Он пытался подойти к вопросам симметрии независимо от эстетики. Мне кажется, эта попытка осталась бесследной, и едва ли подход его может нас интересовать с научной точки зрения. Он, исходя из работ о симметрии Кюри, связывал симметрию с развитием философских концепций Лейбница, в наше время для натуралиста уже давно отошедших в историю. Об окончательном обобщении Кюри – о состояниях пространства – он ничего не знал.

Как кристаллограф и физик в наше время наиболее широко и глубоко охватил явления симметрии А.В. Шубников, но, к сожалению, он недостаточно принял во внимание идею П. Кюри в этой области¹. Никакого определения симметрии Шубников не дает, исследуя одинаковым образом проявления ее как в природных телах, так и в продуктах и действиях человеческой жизни. Я в своем дальнейшем изложении имею дело с проявлениями симметрии в природных телах, т.е. в планетных процессах.

А.В. Шубников правильно говорит [58] в предисловии к своей книге: «Изучение археологических памятников показывает, что человечество на заре своей культуры уже имело представление о симметрии и осуществляло ее в рисунке и в предметах быта. Надо полагать, что применение симметрии в первобытном производстве определялось не только эстетическими мотивами, но и уверенностью человека в большей пригодности для практики правильных форм, нежели уродливых.

¹ Хотя в своей очень интересной книжке упоминает о его исторической роли [57].

Уверенность эта продолжает существовать и до сих пор, находя себе отражение во многих областях человеческой деятельности: искусстве, науке, технике и т.д. К сожалению, приходится констатировать, что практическое применение симметрии современным человеком основывается, как и раньше, не на точном знании законов симметрии, а на случайных, более или менее удачных догадках».

Конкретизируя правильную мысль А.В. Шубникова, можно сказать, что чувство симметрии и реальное стремление его выразить в быту и в жизни существовало в человечестве с палеолита или даже с эолита, т.е. с самых длительных периодов в доистории человечества (кончая шелейским и ашелейским периодом его истории), который длился для палеолита около полмиллиона лет – от 650 000 до 150 000 лет тому назад¹, а для эолита – миллионы лет. Это чувство и связанная с ним работа, еще резко и интенсивно меняясь, сказывались и в неолите 25 000 лет тому назад.

Это представление о симметрии слагалось в течение десятков, сотен тысяч поколений. Правильность его проверена *коллективным* реальным опытом и наблюдением, бытом человечества в разнообразнейших природных земных условиях. Этот опыт многих тысяч поколений явно указывает на глубокую эмпирическую основу этого понятия и ее существования в той материальной среде, в которой жил человек, в биосфере.

Нельзя забывать при этом, что симметрия ясно проявляется в строении человеческого тела, в форме плоскостей симметрии и зеркальных плоскостей симметрии: в правых и левых кистях рук, в ступнях ног и т.д. Она же проявляется в гармонии человеческих движений, как танцах, так и в технической работе, где проявляется геометрическая закономерность.

Переходя к историческому времени, мы видим, что понятие «симметрия» выросло на изучении живых организмов и живого вещества, в первую очередь человека. Само понятие, связанное с понятием красоты или гармонии, было дано великими греческими ваятелями, и слово «симметрия», этому явлению отвечающее, приписывается скульптору Пифагору из Региума (Южная Италия, тогда Великая Греция), жившему в V в. до нашей эры [60].

В области кристаллографии в ее понимании как кристаллических однородных материальных векториальных пространств (см. § 127), в научно точном современном их понимании достигнуты огромные результаты. Они лежат в основе современной кристаллографии и стереохимии. Но симметрия, как видно из самого ее зарождения, охватывает не только косную природу, но и живое вещество.

Один из основоположников современной теории кристаллов, французский ботаник и кристаллограф А. Бравэ (1811–1863) в середине прошлого столетия правильно охватывал симметрию как проявление, общее живой и косной природе [61]. Жестокая болезнь вывела его из научной среды и начатое им не было продолжено². Получила дальнейшее развитие только та часть явлений симметрии, которая касалась кристаллографии и которая потом распространилась на стереохимию, которая тогда еще не существовала.

¹ Я пользуюсь для палеолита хронологическими данными Шухерта и Денбара 1941 г. [59].

² Бравэ в самом разгаре своей работы серьезно заболел и прожил несколько больше 10 лет, не будучи в состоянии научно работать. Кристаллографы позже, разрабатывая симметрию, оставляли обычно в стороне живые вещества.

Химики и кристаллографы, кристаллограф Г.В. Вульф в Москве в 1919 г., незадолго до своей кончины в полном расцвете сил [62], и химик проф. Ф.И. Иегер в Голландии, в Гронингене, в 1920 г. [63] дали первую сводку наших знаний о симметрии организмов, но, очевидно, они не могли углубиться в нее, как это мог сделать ботаник Бравэ, поднявший этот вопрос. Можно сказать, что эта область сейчас – область будущего огромного плодотворного искания.

Биологи не могут оставлять эту область дальше без внимания. В XIX столетии собрал большой материал, сюда относящийся, Э. Геккель (1834–1919), но он теоретически его не обработал [64].

126. Но один вывод мы можем сейчас сделать и из него исходить. Мы можем сейчас утверждать, что между симметрией живых организмов – живого вещества – и кристаллических пространств (см. § 127), т.е. симметрией кристаллов, мы имеем резкое различие, не сводимое одно к другому. Отсюда мы можем сделать заключение, что *геометрическая обстановка, т.е. состояние пространства, в обоих случаях совершенно иное.*

Это наиболее ярко выражается в том, что наиболее обычные явления симметрии, характерные для живых организмов, выражаются такими осями симметрии, которые невозможны и никогда не встречались в косных кристаллах, хотя вполне возможны в выпуклых многогранниках геометрии.

В живых организмах резко преобладают оси симметрии пятого порядка, так называемая пятерная симметрия, ярко выраженная, например, в бесчисленных неделимых морских звездах (класс *Asteroideae*). Она резко выражена и в двух из пяти полиэдров пифагорейцев – в правильном додекаэдре и в правильном икосаэдре.

Но, кроме того, в кристаллических пространствах, изучение которых охватывается кристаллографией и стереохимией, не могут существовать оси симметрии больше шестого порядка и их нет, а между тем они так же широко распространены в формах живых организмов.

Ясно, что мы имеем здесь дело с двумя природными явлениями, резко друг от друга отличными. Геометрический субстрат живого вещества, как я уже указывал, резко отличен от геометрического субстрата кристаллов как и по другим свойствам, определяемым симметрией, например, в явлениях диссимметрии Пастера (см. § 147). К сожалению, симметрия живого вещества, несмотря на все свое значение, находится еще в начальной стадии изучения¹ (см. гл. XVI).

Симметрия живого вещества до сих пор изучалась только случайно и урывками, хотя основные черты современной морфологической классификации животных, восходящие к Кювье, основаны на симметрии. Проблема не была в целом до сих пор поставлена. Это дело ближайшего будущего. При разработке выставленной мною научной гипотезы, что геометрическая основа –

¹ Очень ясно это указал проф. А.В. Шубников, который говорит: «Что касается организмов, то для них мы не имеем такой теории, которая могла бы ответить на вопрос, какие виды симметрии совместимы и какие несовместимы с существованием живого вещества. Но мы не можем не отметить здесь тот в высшей степени замечательный факт, что среди представителей живой природы, пожалуй, чаще всего встречаются как раз простейшие из невозможных для затвердевшего окристаллизованного, “мертвого” вещества виды симметрии (пятерная симметрия)» (65).

пространство тела живого вещества определяется не евклидовой геометрией, а римановской, да еще такой ее формой, которая до сих пор геометрически не разработана, – при построении этой геометрии необходимо учесть, что в этой геометрии должны иметь место все оси симметрии, в том числе те, которые невозможны для всех кристаллических пространств.

Невозможность в кристаллических пространствах этих осей симметрии не гипотетическая, а является следствием того, что кристаллические пространства представляют собой атомные структуры, в которых две точки никакими симметрическими перестановками не могут приблизиться на расстояние, более близкое, чем то, которое отвечает размеру или радиусу действия атома.

Это общее свойство всех атомов без исключения (см. § 128). Их размеры представляют собой определенные рациональные величины. Этого условия в организмах нет. Я вернусь к этому ниже (см. § 130).

127. В пространстве Эвклида, как учат в наших школах, мы имеем дело со средой: во-первых, трех измерений, во-вторых, однородной, в-третьих, изотропной. Уже давно, с XVII столетия, мы научно знаем такие природные ограниченные, небольшие пространства, которые однородны, но не изотропны, а векториальны, т.е. в которых свойства закономерно меняются с направлением (с вектором) и которые заполнены атомами. Таковы монокристаллы. Но их не считали пространствами. Впервые наши русские геометры и кристаллографы – проф. Н. Падуров, проф. Б. Делонэ и проф. А.А. Александров в 1934 г. [66] – правильно обобщили это явление и ввели в научную мысль представление о векториальном однородном, трехмерном евклидовом пространстве – кристаллическом пространстве, которому отвечают монокристаллы (см. § 128). Таких пространств должно было бы быть столько же, сколько существует подразделений монокристаллов, если бы физико-химическое пространство кристаллографа было абстрактным пространством геометров. Но оказалось, что это не так. Пришлось внести чрезвычайно важную поправку в то основное достижение кристаллографии в XX в., которое связано с понятием о кристаллической структуре, основанным на законе симметрии и которое было связано с жизненными работами крупного минералога и кристаллографа акад. Е.С. Федорова [67] и немецкого математика А. Шёнфлиса (1853–1928) [68]¹.

Е.С. Федоров исходил из геометрических свойств природных полиэдров кристаллов как природных, так и искусственных, рассматриваемых как системы гомологических точек в однородном пространстве трех измерений Эвклида (как он говорил, царства кристаллов – *Kristallreich*), т.е. точек, векториальность которых определялась законами симметрии² [69]. Е.С. Федоров совершенно основательно думал, что построенные им системы однородных гомологических точек позволяют сделать эмпирическое точное обобщение, что гомологическая точка отвечает атому (центру атома), какому бы физичес-

¹ Основная идея Е.С. Федорова уже была дана в зачатке одним из основоположников современной кристаллографии проф. Гаюи (1743–1822) в Париже в конце XVIII в. Ряд лиц в течение долгих лет развивали эти идеи; в их числе можно назвать хронологически Ампера, Гесселя, Бравэ, Гадолина, Л. Зонке как предшественников Федорова.

² Так называемые искусственные кристаллы являются производными *природного процесса кристаллизации* – опыта, производимого волей и мыслью человека.

кому образу ни отвечал атом. На этом основана вся теория кристаллического состояния материи и кристаллического анализа, одного из величайших достижений XX столетия, точно численно проверенное и постоянно проверяемое во многих тысячах случаев.

Шёнфлис [70] одновременно подошел к решению той же задачи, исходя из другой области – математики, из теории групп, но основываясь на тех же самых эмпирических данных и симметрии кристаллографии, одной из наиболее глубоких и точных областей физико-химических наук.

Оба получили те же самые структуры, но Федоров одну из них пропустил. Таких основных структур 240. Большинство этих структур (около 200) встречено в природных и искусственных кристаллических многогранниках. Постоянно открываются новые, и нет ни одного случая, который бы этой теории противоречил.

Исходя из идентичности полученных Е.С. Федоровым и Шёнфлисом 240 кристаллических групп¹ с кристаллическими пространствами, оказалось, что количество кристаллических пространств на 11 меньше количества федоровских групп. Таких кристаллических пространств 229². 22 группы оказались в 11 пространствах. Это все те случаи, в которых можно отличать проявления *правизны и левизны*. Можно, таким образом, утверждать, что в евклидовом трехмерном кристаллическом пространстве правые и левые многогранники или правые и левые спирали атомов должны встречаться в одинаковом числе. Другими словами, правые и левые спирали атомов или монокристаллы должны принадлежать к одним и тем же состояниям пространства.

Нельзя не подчеркнуть здесь важность этого логически правильно сделанного вывода советских кристаллографов и геометров. Оно ярко показало, что введение понятия кристаллического пространства – физико-химического явления, связанного с симметрией, существенно меняет наше их понимание и вскрывает новые явления.

В сущности кристаллические пространства являются реальными моделями того строения материи, которое, исходя из законов всемирного тяготения, построил в середине XVIII в. ученый дубровничанин в Риме Р. Бошкович (1711–1787) [72].

128. Есть еще одно явление, которое правильно подчеркнул и А.В. Шубников [73], что между законами математики, в частности законами геометрии, и природных земных явлений, касающихся материальной среды, будь то живая или косная, всегда существует резкое различие.

Идеально построенный геометрический многогранник всегда будет отличаться от природного кристаллического многогранника минералогии или химии даже по внешней своей форме, не говоря о внутреннем строении.

Сейчас наука достигла такой степени совершенства, что мы должны количественно это учитывать, так как в природном процессе, который мы выявляем опытом или наблюдением, всегда существуют явления, которые мы не

¹ Делонэ, Падуров и Александров назвали их федоровскими группами, в отличие от кристаллических пространств.

² Еще много лет раньше проф. Б.Н. Делонэ [71] доказал, что в евклидовом пространстве четырех измерений (и всех четных) число федоровских групп будет тоже 229, причем Делонэ сделал этот свой вывод для кристаллических многогранников, не связывая его с федоровскими группами.

можем учитывать и которые меняют основной вывод, делают его более или менее приближенным к теоретическому идеальному построению геометра. Как правильно говорит А.В. Шубников [74]: «Разработка вопросов симметрии в кристаллографии в последнее время вылилась в особое учение о «реальном» кристалле, который противопоставляется «идеальному» кристаллу, построенному математически точно».

Кристаллография стала наукой только тогда, когда первые основатели кристаллографии в XVII в. Гульельмини и Стенон, а главным образом в XVIII в. Роме де Лиль, Гаюи [75] правильно приняли за основу построения научного исследования одно свойство природных кристаллов как основное и оставили без внимания отклонения в наружной форме кристаллов от идеальных многогранников геометрии как вторичные. Этим единым исходным свойством был принят правильно *закон постоянства граничных углов*, открытый независимо Гульельмини и Стеноном, так называемый *закон Стенона*¹. Вторичными свойствами явились размеры и форма кристаллических плоскостей и ребер кристаллических многогранников. Исходя из этого, построили реальные полиэдры модели природных кристаллов, в которых ребра и плоскости, теоретически являющиеся функцией граничных углов, выявились в своей реальной величине и форме, нарушенных в природных кристаллах проявлением поверхностных сил. Эти силы оставлены были вначале без внимания.

Так получились идеальные полиэдры геометрии. Такие полиэдры были впервые построены Роме де Лилем в XVIII столетии. Они называются *кристаллическими многогранниками*. Мне кажется, первый указал П. Кюри, что при кристаллизации, природной или искусственной, всегда получается несколько идеальных геометрических многогранников на тысячу или тысячи кристаллов. Старые кристаллографы это знали, но не обобщили. Так, например, работал Н.И. Кокшаров. Кюри первый понял, что это природное явление, а не случайность. Явление это до сих пор не изучено.

В так называемых реальных кристаллах XX столетия изучается связанная с внутренним атомным строением многогранника неоднородность.

В кристаллографии мы исходили из представления о монокристалле, «однородной» замкнутой твердой молекуле, имеющей размеры от 10^{-5} до 10^{-2} см. Хотя часто принимаются размеры кристаллов неограниченные, и с этой точки зрения говорится о кристаллическом состоянии или кристаллическом пространстве, но надо всегда учитывать, что это мы можем говорить только о монокристалле.

Мельчайшая величина монокристалла установлена наблюдением, зависит она от поверхностного натяжения. В 1898 г. [76] я указал на то, что максимальная величина монокристалла определяется скольжением, связанным с поверхностным натяжением. Величина монокристалла имеет предел. Любопытно, что этот предел достигается в явлениях, в которых резко сказывается в природных условиях *проявление времени*.

¹ Стенон – латинизированная фамилия Стенсона (1638–1686). Последние годы своей жизни Стенсон, принявший католичество, прожил миссионером в протестантских странах. Перед этим он в сжатой форме напечатал свои научные достижения в геологии (справедливо считается основоположником этой науки) и результаты своих исследований мозга. Он умер кардиналом.

Я приведу здесь два таких случая: один земной, другой космический. Земным случаем являются сталактиты и сталагмиты¹. В течение, вероятно, десятков и сотен тысяч лет зернистый (т.е. состоящий из отдельных мелких зерен или монокристаллов) сталактит или сталагмит превращается в большой монокристалл [77]. Он получает одну спайность. Это является следствием того, что всякое природное тело в длении времени неизбежно стремится к устойчивому равновесию в той среде, в которой оно находится, в данном случае в пещере с ничтожными колебаниями температуры и давления. Если длительность времени достаточна и нет вмешательства других внешних сил, кроме тех, которые неизменно существуют, в этой длительности времени на основании основных начал термодинамики тело примет такое состояние, в котором действенная энергия, в нем находящаяся, придет к возможному минимуму в данной обстановке или к нулю. Вся работа, которая может быть при этих условиях сделана, будет сделана. Этим объясняется образование монокристаллов сталактитов и сталагмитов. Зерна в зернистой структуре молодого сталактита перевернутся так, что все векторы их будут параллельны. Границы между зернами исчезнут, все однозначные векторы станут, соответственно, параллельны, зернистый агрегат превратится в большой монокристалл, иногда в несколько метров длины. Только при этом условии поверхностная энергия зерен достигнет минимума, сохраняя свою внешнюю форму [78].

То же самое явление представляют собой некоторые никель-железные метеориты, например огромный метеорит, который упал в 1915 г. около Новой Богуславки во время прошлой империалистической войны. Зернистый метеорит с ходом времени в небесных пространствах превратится в монокристалл по той же причине [79]. Этот монокристалл никелистого железа достигает величины нескольких метров. Монокристаллы железа, которые мы получаем, едва достигают сантиметров. Метеорит в космических пространствах находится в непрерывном движении, вращении и дрожании, и это, вероятно, является условием получения таких монокристаллов, нам на Земле для железа неизвестных [80].

Подобно кристаллическому многограннику и в кристаллическом пространстве в научной работе сейчас приходится различать идеальное и реальное кристаллическое пространство. Кристаллическое пространство состоит из гомологических точек, расположенных согласно симметрии монокристалла. Гомологические точки одинаково расположены, идентичны. Но в природе они резко различны. 229 кристаллических пространств дают нам бесчисленное множество, в настоящее время сотни тысяч кристаллических пространств, что достигается тем, что каждая точка отвечает атому. А количество атомов сейчас достигает нескольких сотен, вероятно, дойдет до тысячи и больше так называемых изотопов. Кристаллическое состояние отвечает твердым состояниям определенных химических соединений и их твердых растворов. Количество таких реально возможных тел неисчислимо.

В данном случае мы имеем дело со случаем охвата геометрическим отвлеченным представлением более глубокого строения материи, чем в случае

¹ В более мелком масштабе это явление мы встречаем на каждом шагу. Так, иглы ископаемых морских ежей с ходом времени превращаются в монокристаллы по указанной причине, имеют одну общую плоскость спайности.

монокристалла, где мы имеем дело с поверхностными силами. Здесь мы геометрически охватываем, упрощаем более глубокое представление, чем монокристалл.

В идеальных кристаллических пространствах мы дальше гомологических точек не идем. В реальном кристаллическом пространстве вместо одинаковых гомологических точек находятся разнообразные атомы, т.е. по существу разные природные тела.

129. Вопрос о диссимметрии как состоянии пространства, поставленный Кюри, не касался прямо живого вещества. Следствия из этого Кюри не сделаны. Они идут глубже. Проявления диссимметрии, как показал Кюри, могут встречаться и вне поля жизни. Это не будет диссимметрия Пастера, но это будет все-таки диссимметрия. Беря вопрос не менее широко, чем Пастер, Кюри установил принцип, который, может быть, было бы правильно назвать его именем, *принципом Пьера Кюри*. Он гласит: «*Диссимметрическое явление может вызываться только такой же диссимметрической причиной*» [81].

Переводя это на язык «состояний пространства», это будет просто обозначать, что причины и следствия какого-нибудь диссимметрического явления не могут выходить, как это само собой разумеется, за пределы одного и того же состояния пространства, если пространство, как неизбежно думает натуралист, есть реальность, подлежащая его изучению, т.е. физико-химическое пространство. *Причины и следствие диссимметрии всегда находятся в одном и том же состоянии физико-химического пространства.*

Пастер тоже ясно сознавал, что его диссимметрия представляет собой глубокое физическое явление, выходящее из пределов явлений жизни, объяснение его он искал в различном диссимметрическом характере правых и левых *космических пространств*, которые проходит Солнце со своей системой в ходе времени. Пастер, развивая свою гипотезу, мне кажется, вышел из области точных наблюдений, считая, что энергетические проявления, как, например, световые явления, могут являться причиной его диссимметрии.

Мы теперь знаем (Пастер этого не знал), что причина диссимметрии, открытая Пастером, связана с *материальными* частицами-атомами, с атомными структурами, с монокристаллами, с кристаллизацией белков, углеводов, жиров и других основных, необходимых для жизни химических соединений в телах организмов, а не с энергетическими проявлениями, которые являются только их следствием. Левое или правое вращение света является следствием, а не причиной.

Не учитывая этого, Пастер предлагал и пытался для решения вопроса поставить научные опыты с кругово- и эллиптически поляризованным светом, думая этим путем достигнуть абиогенеза. Нельзя отрицать, что вопрос этот не может считаться решенным.

Опыты, поставленные впервые Быком [82], Котон (1896), Куном и его сотрудниками, хотя и не доказывают реальности этого процесса, все же указывают, что вопрос требует серьезного изучения. Но поставленная Кюри задача о различном диссимметрическом состоянии пространства в Космосе вполне может быть проверена на спиральных туманностях – материальных телах, как мною было указано в 1940 г. [83]. Поскольку это возможно сделать у нас, работа эта была начата Е.Л. Криновым и остановлена нашествием немцев.

130. Прежде чем идти дальше, необходимо остановиться на двух явлениях, связанных с кристаллическими пространствами, будущее значение которых, когда они обратят на себя должное внимание, представляется мне очень большим. Первое является общим свойством планетных кристаллических пространств, второе – новых состояний твердых тел – мезоморфных состояний, резко от кристаллических пространств отличных, но им аналогичных, со своеобразным проявлением симметрии. К ним принадлежат жидкие кристаллы.

Обратимся сперва к кристаллическим пространствам в их проявлении в природе, т.е. на нашей Земле. Изучение их показывает огромное значение среди них таких компактных систем, в которых в данном объеме пространства содержится *максимальное количество атомов*. К числу таких принадлежит главная масса минералов верхней твердой части нашей планеты – земной коры геологов – господствующих горных пород.

Это представление геометрически можно выразить, заменив гомологическую точку шаром, радиус которого различен. Он равен радиусу действия атома, или «величине атома». Эта величина для разных атомов различная и колеблется от 0,71 до 2,74 Å. В таком случае геометрически можно поставить задачу расположить эти шары так, чтобы максимальное их количество поместилось в данном объеме.

Оказывается, что таких плотнейших установок – укладки шаров в пространстве может быть бесчисленное множество [84] и в природных земных телах они резко господствуют. Мы должны здесь учитывать не химические элементы, а изотопы, количество которых превышает несколько сотен, вероятно, превысит тысячу. Другими словами, в земной природе существует равновесие, при котором земная твердая материя чрезвычайно атомно уплотнена и по существу является чрезвычайно устойчивой [85].

Размеры шаров, отвечающих атомам, принимаемые сейчас как реальные, и, как я уже указывал, в основе эмпирических обобщений – следующие:

Al – 0,57 Å	Si – 0,39 Å
Fe – 0,82 Å	O – 1,32 Å

Атомы расположены, согласно этим законам, в максимальном числе в данном пространстве. Одним из следствий этого является чрезвычайно значительное господствующего элемента в верхних частях планеты – кислорода.

Явление это впервые было подчеркнуто В. Гольдшмидтом [86].

Мы можем говорить только о природе величины атомов 10^{-8} см. С меньшей точностью мы можем говорить о величине радиуса действия атома, которое резко различно для разных из них. Согласно господствующей ныне теории строения атомов, в основе своей эмпирической, характерна чрезвычайно большая величина радиуса действия кислорода по сравнению с металлами.

В результате оказывается, что химический состав гранитной оболочки по объему на 98% состоит из кислорода. Такое строение земной коры в значительной мере связано с тем, что состав его определяется атомами, распределенными в пространстве в виде тетраэдров, в центре которых находится металлический элемент – Si, Al, Fe, Ti и т.д., а в углах – кислород, и формула которых будет отвечать (SiO_4) , (AlO_4) , (FeO_4) , (TiO_4) .

В гранитной оболочке эти пять элементов по объему составляют более 99%. Но, кроме этих пяти элементов, многие другие имеют тот же самый химический характер. Это связано со строением силикатов и алюмосиликатов – их аналогов, следствием господства в них каолиновых структур, которые составлены атомными тетраэдрами.

131. Мезоморфные твердые и жидкие формы – можно их назвать мезоморфными состояниями пространства – обратили на себя внимание только в 1910–1920 гг. В это время рано умерший французский кристаллограф и химик Ж. Фридель [87], давший первую их классификацию, выяснил их распространенность и их резкое отличие от монокристаллов как в верхних частях планеты, так и в стереохимии¹.

В отличие от монокристаллов, кристаллических пространств, мы имеем здесь дело с замкнутыми формами с относительно небольшими объемами.

Они все действуют на поляризованный свет, векториальны, но их векториальное строение резко отличается от векториального строения монокристаллов. Размеры их резко отличны от размеров монокристаллов, они субмикроскопичны или микроскопичны.

Чрезвычайно характерны векториальные проявления по плоскости или нитям, а не в пространстве. Таковы и жидкости, так называемые жидкие кристаллы, векториальность которых выявляется геометрически одномерно – нематические формы – или двумерно (в плоскости) – смектические формы (правизна–левизна).

В отличие от других мезоморфных тел жидкие кристаллы могут переливаться или собираться в сосуды, по-видимому, в любых количествах и размерах. Жидкие кристаллы до сих пор не найдены в виде природных тел. Допускают, что от них есть через мягкие кристаллы переход к монокристаллам, но это есть, вероятно, следствие недостаточной их изученности.

Очень часто эти формы смешиваются с монокристаллами при недостаточно внимательном их изучении, и в настоящее время в петрографии осадочных пород и в почвоведении, мне кажется, значительная часть работ требует вследствие этого пересмотра. Выводы их – определение минералов почвоведцами – должны приниматься только с большими поправками. По-видимому, многие алюмосиликаты, как монтмориллонит, галлуазит и другие и феррисиликаты каолинового строения, распространенные в почвах, относятся к этим телам. Любопытны среди мезоморфных образований правые и левые формы.

Здесь область недостаточно тонкого научного анализа. С точки зрения симметрии чрезвычайно было бы желательно сравнить их строение с симметрией живого вещества².

Есть еще одна огромная область природных твердых тел, строение которых, состояние их пространства отличается от кристаллов и мезоморфных тел прежде всего тем, что они изотропны. Эта *тела аморфные, коллоидальные,*

¹ Одновременно с Фриделем значение этих явлений было независимо указано немецким физиком Гартманом. Огромный материал был раньше собран немецким физиком О. Леманом [88], который указал на распространенность этого явления в химии, Гобером и другими.

² В природных вирусах найдены мезоморфные формы. Вопрос окончательно еще не выяснен [89]. Может быть, так называемые кристаллы вирусов являются мезоморфными телами.

стекла. Часть их состоит из мельчайших кристаллов, 10^{-5} см, может быть даже меньше. Эти тела особенно распространены в биосфере и, может быть, дают некоторые понятия о тех состояниях материи, которые мы имеем в больших массах в глубинах планеты. Это – область, которая все же научно недостаточно изучена. На нее обратили внимание старые исследователи, как Брейтхаупт во Фрейберге, в Саксонии, в первой половине XIX столетия. В начале XX столетия ими занялся молодой австрийский минералог Корню (1882–1909), не успевший закончить свои работы и не нашедший заместителя [90]. Значение этой области явлений гораздо больше, чем это обычно принимают. Пространство, сюда относящееся, эвклидово, изотропно, трехмерно, подобно тому как мы это наблюдаем в газах и жидкостях.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Вернадский В.* Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 175.
2. *Schuchert Ch., Dandar C.* A textbook of geology. Pt II. Historical Geology. 4th ed. N.Y., 1941. P. 88f.
3. *Clark A.* The new evolution zoogenesis. B., 1930.
4. *Howard L.* The insect Menace. L., 1931.
5. Сколько я знаю, этих личиночных стадий насекомых нет в морских бассейнах. Но, кроме того, есть насекомые, где этой водной личиночной стадии нет.
6. *Heilborn J.* // Nature. 1942. Vol. 149. P. 398.
7. *Schuchert Ch., Dunbar C.* Op. cit. P. 70.
8. Ibid. P. 121.
9. *Tillyard R.* Tracing the dawn of life further backwards / The Cawthron Institute Nelson New Zealand. 1936. P. 31.
10. W. Daswon.
11. *Sederholm J.J., Laitakari A.* // Geol. Kom. Finl. geotekn. Middl. 192. Vol. 40; *Eskola P.* // Ann. As. Sci. Fenn. A. 1932. Vol. 36, N 4.
12. Джеймс Дана (*J. Dana*) впервые высказал свои идеи о постоянстве континентов в журнале «Amer. J. Sci.» в 1846–1849 гг. Позднее были напечатаны отдельно: «The geological results of the Earth's contraction»; «The grande outlines teatures of the Earth».
13. Ссылка отсутствует.
14. *Stapff F.* Les eaux du tonnell de St. Gothard // Alt. 1891. Vol. 133.
15. *Issatschenko B.* // J. Bacteriol. 1940. Vol. 40, N 3. P. 379.
17. *Тайсон В.О.* Сборник памяти К.А. Тимирязева. М.; Л., 1941. С. 177 и сл.
18. См. новую сводку проблемы: *Опарин А.И.* Возникновение жизни на Земле. М.; Л., 1940.
19. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. М.; Л., 1939. Вып. 2.
20. *Pasteur L.* Oeuvres. P., 1908. Vol. 1. P. 243.
21. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. Вып. 4. О правизне и левизне. М.; Л., 1940. С. 3–4.
22. *Curie M.* Pierre Curie. P., 1924.
23. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. Вып. 4. С. 4.
24. *Curie E.* Madame Curie. N.Y., 1938.
25. *Curie P.* Oeuvres. P., 1908 (статья «Sur la mesure absolue du temps». P. 439).
26. *Einstein A.* // Ann. Phys. 1905. Vol. 17. P. 891–921; Die Grundlagen s. allgemein. Relativitätstheorie. Leipzig, 1916.
27. См. письма Ньютона к Bentley (Opera Newtoni / Ed. Harsley. Vol. 4. P. 429–444).
28. См.: *Bodemann.* Brietwechsel zwischen Leibnitz und Herr A. von Braunschweig-Woltenbüttel, 1683–1714 // Z. histor. Ver. Niedersachsen. 1888.
29. О дружбе Ньютона и Fatio de Duiller (1693 г.) см.: *More L.* Is. Neuton. 1934. P. 572. То же представление, что у Дюлье, было позже высказано швейцарским ученым Le Sage (1724–1803).

30. *Huygens Ch.* Traité de la lumière. 1690¹.
31. *Palagij M.* Neue Theorie des Raumes und der Zeit. L., 1901.
32. Ссылка отсутствует.
33. *Eddington A.* The philosophy of physical science. N.Y., 1939. P. 28.
34. *Plank M.* Ann. Phys. 1901. Vol. 4. Elementarquanta der Materie und des Electrizität.
35. *Heisenberg W.* // Z. Phys. 1925. Bd. 33. S. 879; *Гейзенберг В.* Физические принципы квантовой теории. М.; Л., 1932.
36. *Le Roy E.* La pensée intuitive. 1930. Vol. 2. P. 123 («Couche hétérogènes de la réalité»).
37. *Bohr N.* Atomtheorie und Naturbetrachtung. 1931; *Leben und Lich* // Naturwissenschaften. 1933. Bd. 21.
38. См.: *Guye C.* // Naturwissenschaften. 1922. Bd. 91; *Moore B.* Biochemistry. L., 1921. Vol. 2; *Zwaardemaker H.* // С. г.
39. *Eddington A.* Op. cit.
40. *Helmholtz H.* Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen. 1968. N. 9. S. 194.
41. *Лобачевский Н.И.* Начала геометрии // Поли. собр. соч. Казань, 1883. Т. 1. (Впервые напечатана в «Ученых записках» Казанского университета в 1835–1837 гг.); Новые начала геометрии и полной теории параллельных.
42. Риман, рано умерший от туберкулеза, в 1854 г. в Геттингене прочел свою знаменитую диссертационную речь «Über die Hypothesen, welche die Geometrie zu Grunde liegen», которая привела в восхищение старика Гаусса. Гаусс сам не раз приходил к мысли о более широком подходе к основам геометрии, но он высказывал ее только в переписке и ничего из своих набросков на эту тему не публиковал. Работа Римана была напечатана только в 1868 г. уже после его смерти: в журнале «Abhandl. Kön. Ges. Wiss. Göttingen» (Т. XIII) и в собрании его сочинений в 1876 г. (Werke. S. 272).
43. *Кокшаров Н.И.* Лекции по минералогии. СПб., 1863.
44. *Федоров Е.С.* Краткое руководство по кристаллографии. СПб.: Ин-т путей сообщения, 1891. Интересно, что Федоров в предисловии указывает на одновременный выход книги А. Шёнфлиса и отмечает это как факт сближения иностранных ученых с нами. Он говорит, что здесь впервые иностранный ученый пользуется русским сочинением в подлиннике. Указывает он также, что им уже созданы: Начала учения о фигурах, 1885; Этюды по аналитической кристаллографии (Горн. журн. 1885. № 4, 5; 1886, № 3, 12; 1887, № 4, 5); Начала анализа симметрии, 1888–1890.
45. См.: *Theorie Krystalstruktur* // Z. Kristallogr. Mineral. 1894. Bd. 24; 1895. Н. 1–25. S. 113–223; 1902. Н. 2–36. S. 209–233; 1905. Н. 3–13. Bd. 40. S. 529–554; *Beiträge zur zonalen Krystallographie* // Z. Kristallogr. Mineral. 1900. Bd. 32. S. 446–492; 1900. Bd. 33. S. 555–588; 1901. Bd. 34. S. 133–157; 1901. Bd. 35. S. 25–74, 75–148.
- Научное значение работ Федорова недостаточно создается в нашей стране. Его имя должно стоять для нашего времени рядом с именами Д.И. Менделеева и И.П. Павлова.
46. *Bombicci Porta Luige* интересный и очень влиятельный итальянский минералог. Я посетил его в 1898 г., когда ему было уже 65 лет.
47. *Cook T.* The curves of Life. L., 1914; *Spirales in nature and art*, 1903.
48. *Ludwig W.* Das Rechts-Links Problem in Tierreich und bei Menschen. В., 1932.
49. *Кизель А., Ефимочкина Е., Ралль Д.* // Докл. АН СССР. 1939. Т. 25, № 6. С. 481; *Кизель А.* // Там же. 1941. Т. 31, № 6. С. 602.
50. *Гаузе Г.Ф.* Асимметрия протоплазмы. М.; Л., 1940; на англ. яз.: *Gause G.F.* Optical activity and living matter. Norn (Missuri), 1941.
51. *Леммлейн Г.Г.* // Тр. Биогеохим. лаб. АН СССР 1939. Т. 5. С. 225–237.
52. *Trommsdorf W.* // Neues Jahrb. Mineral. 1937. Bd. 72, Н. 3. S. 475.
53. *Lehman O.* Molecular Physik. Leipzig, 1888–1889. Т. 2; *Flüssige Krystalle*. Leipzig, 1903.
54. *Peirce Ch.* Principles of philosophy, 1931.
55. *Mach E.* Über die physikalische Bedeutung d. Gelerte d. Symmetrie. Lotos, 1871.
56. *Rougier L.* En merge de Curie. 3 ed. P., 1924.
57. *Шубников А.В.* Симметрия. М.; Л., 1940. С. 63.
58. *Шубников А.В.* Там же. С. 3.

¹ Гюйгенс считал необходимым для объяснения света и тяготения наличие всепроникающей среды – эфира. Он дал первый последовательный эскиз волновой теории.

59. *Schuchert Ch., Dunbar C.* Op. cit. P. 482.
60. См.: *Lechat.* Pythagoros de Region. 1915. P. 46, 50; *Deonna W.* L'art en Grèce. P., 1924. P. 279.
61. *Bravais A.* Etudes cristallographiques. P., 1866.
62. *Вульф Г.В.* Симметрия и ее проявление в природе. 1919.
63. *Jaeger F.M.* Lectures on the principle of symmetry and its application in all natural sciences. Amsterdam, 1920.
64. *Haeckel E.* Kunstformen der Natur.
65. *Шубников А.В.* Указ. соч. С. 54.
66. *Делонэ Б., Падурос Н., Александров А.* Геометрическое введение в кристаллографию. 1934.
67. *Федоров Е.С.* См. примеч. 44.
68. *Schoenflies A.* Krystallsystem und Krystalstruktur. L., 1981; Theorie der Krystalstruktur. B., 1923.
69. Кристаллический анализ, созданный Е.С. Федоровым и его учениками, позволяет по немногим углам, по немногим измерениям определить химический состав, дать формулу любого химического соединения. Федоров готовил свою книгу для издания на немецком языке, но издание совпало с началом первой империалистической войны, и она вышла только после революции. После смерти Е.С. Федорова (1919 г.) работа эта была продолжена Федоровским институтом, существовавшим при Горном институте в Ленинграде, благодаря работе проф. А.К. Болдырева и Добровольского. Вышло три тома этого издания огромного научного значения. Надо употребить все усилия, чтобы это издание было закончено.
70. А. Schoenflies. См. примеч. 68.
71. Б.Н. Делонэ.
72. *Boskovic R.* Philosophiae naturalis Theoria reducta ad unicum legem virium in Natura existentium. Vienna, 1758, 1759, 1764; Venetis, 1763; Parisiis, 1765.
73. *Шубников А.В.* Указ. соч. С. 9.
74. *Шубников А.В.* Там же.
75. *Haüy R.* Essai d'une théorie sur la structure des cristaux. 1784.
76. *Вернадский В.* Явления скольжения в кристаллическом веществе // Зап. Мое. ун-та, 1898.
77. Шведов.
78. Ссылка отсутствует.
79. Ссылка отсутствует.
80. Очень часто объясняют такие монокристаллы метеоритов тем, что они приближаются к какому-нибудь раскаленному телу, например к Солнцу, расплавляются и перекристаллизуются в расплавленные капли,двигающиеся с космической скоростью. В строении этих метеоритов это ничем не сказывается.
81. *Curie P.* Oeuvres. P., 1908. P. 127.
82. *Вук А.* // Z. phys. Chem. 1904. Bd. 49. S. 641; *Cotton A.* // Ann. chim. phys. 1896. Vol. 8. P. 347; *Kuhn W.* // Ergebn. Enzymforsch. 1936. Bd. 5. S. 1; *Kuhn W., Braun* // Naturwissenschaften. 1929. Bd. 17. S. 227; *Kuhn W., Knopf E.* // Ibid. 1930. Bd. 18. S. 183.
83. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. Вып. 4. О правизне и левизне. М.; Л., 1940. С. 15.
84. Ссылка отсутствует.
85. V. Goldschmidt.
86. *Goldschmidt V.* N 1. В.В. Häfte. II. St., 1928. S. 1128.
87. *Friedel G.* Les états mésomorphes de la matière // Ann. Phys. Ser. IX, 1922. Vol. 18. P. 273; Bull. Soc. Franc. 1922. Vol. 179. P. 154; Les propriétés physique des stases mésomorphes // Z. Kristallogr. 1931. Bd. 79. S. 1 (avec Edm. Friedel).
88. См. примеч. 53.
89. *Bernal, Fankucher.* См.: *Bawden F.*(ref.) // Nature. 1942. Vol. 149. P. 321. Crystallography and plant-viruses.
90. *Cornu F.* Sammelband. Dresden; Leipzig, 1923.

СОСТОЯНИЯ ПРОСТРАНСТВА, ОТВЕЧАЮЩИЕ ЖИВОМУ ВЕЩЕСТВУ

Состояния пространства (симметрия), отвечающие живому веществу биосферы. Резкое отличие симметрии косных тел биосферы от симметрии ее живого вещества (§ 132,133). Четырехмерное евклидово пространство-время, в котором время является четвертым измерением, и пространство-время Эйнштейна не имеют проявления в конкретных явлениях симметрии (§ 134). В живом веществе мы видим проявления не пространства только, но особого пространства-времени, отражающегося на их симметрии и выражающегося в смене поколений и в старении. Вирусы (§ 135). Эволюционный процесс как проявление пространства-времени. Персистенты (§ 136). Принцип Д. Дана (§ 137). Связь между живым и косным. Биогенная миграция атомов (§ 138).

Только изучение симметрии природных тел и явлений может выявить в природе проявление разных геометрий (§ 139). Молекулярная диссимметрия Пастера и поправка А. Скакки. В основных соединениях организма – в белках, в углеводах и в жирах – наблюдаются только стереически левые изомеры, оптически чистые (§ 140–142). Правизна и левизна морфологических форм брюхоногих моллюсков и правых и левых спиралей колоний бактерий не зависят от характера энзимов (§ 143). Характер пространства-времени тела живого вещества (§ 144).

132. В окружающей нас природе, на нашей планете, мы нигде не имеем дела с идеальным геометрическим пространством. В наиболее чистой геометрической форме мы представляли себе его проявления в посленьютоновом космическом трехмерном евклидовом пространстве, занимаемом световым эфиром, – в пространстве небесной механики, где Солнце и звезды являлись нам в виде точек разной массы (т.е. разной силы всемирного тяготения). От этого представления мы давно отошли, отбросив в XX в. идею о световом эфире (см. § 119). На нашей «точке» – Земле абстрактное пространство геометрии нам нигде не проявляется.

Пространство (его состояние) нами воспринимается в виде материальных физико-химических пространств, характеризующихся симметрией. Мы имеем здесь дело со сложными атомными структурами, в которых атомы нам представляются неподвижными по отношению друг к другу, для нас резко обособленными, главным образом кристаллическими пространствами (см. § 127), которые как монокристаллы в виде минералов и как кристаллические многогранники и молекулы в живом веществе и в обиходе человека составляют большую часть твердого вещества нашей планеты. Они создаются человеческим трудом и мыслью в биосфере, в технике и в лабораториях, в крупных и мелких обособленных телах нашего окружения, непрерывно создаются и разрушаются. В виде горных пород, однородных и неоднородных, они строят окружающую нас твердую часть биосферы и идут на сотни километров в глубь планеты, далеко за ее пределы. Везде здесь мы имеем дело с пространствами, заполненными материей, т.е. в чистом виде с атомными структурами – с *физико-химическими пространствами* (см. § 121–122). Нигде мы не видим в природных процессах вакуума, заполненного только проявлениями энергии.

В физико-химических пространствах, всегда ограниченных размерами, в материальных природных телах в наш век *научного атомизма* мы нигде не встречаемся с идеально геометрическим непрерывным континуумом –

ньютоновым пространством. *Кристаллические пространства*, о которых говорилось в предыдущих параграфах, материально отвечают разнообразным закономерным распределениям атомов, очень разнородных по своему характеру и по своему строению. Учитывая изотопы, количество разнородных атомов достигает тысяч различных видов и далеко не все из них нам известны. Число их увеличивается по мере хода научного знания.

Нет никаких оснований сомневаться, что и для всех других косных природных тел: жидкостей, газов, мезоморфных и аморфных состояний пространства – мы из приближения к идеальным геометрическим пространствам евклидовой геометрии не выйдем. Мы не встретились до сих пор ни с какими указаниями, что в явлениях симметрии были какие бы то ни было для этого данные.

Живые вещества, однако, в своих молекулах, как указано раньше (см. § 126), обладают элементами симметрии, которые невозможны в твердых кристаллических пространствах и их аналогах. Такой их характер отвечает вполне тому обстоятельству, что между живыми и косными телами в биосфере существует, как это видно из всего изложения моей книги, коренное материально-энергетическое различие. Природная связь между ними поддерживается только биогенной миграцией атомов (см. § 138). Они являются в окружающей нас природе замкнутыми системами.

Характерно сверх того, что кристаллы и молекулы в живом веществе, строящие его тело, т.е. протоплазму, характеризующиеся отсутствием центра и плоскостей симметрии, – все их белки, жиры и углеводы – не подчиняются законам симметрии косных тел в том смысле, что все они являются стерически левыми и при появлении стерически правых организмы гибнут (раковые опухоли)¹.

133. Эмпирическим фактом является, хотя он, к сожалению, не обращает на себя должного внимания и так мало изучен и не дает пока возможности сделать бесспорные из него выводы, что *симметрия тела живых организмов резко отличается от симметрии земных косных природных тел*.

Какая для этого может быть причина? В 1938 г. я выставил научную рабочую гипотезу, что причина может быть связана с тем, что тело живого организма в своем геометрическом пространственном состоянии приближается не к евклидовой геометрии, а к геометрии другой. При обсуждении этого вопроса в Биогеохимической лаборатории с геометрами, биологами, геохимиками и физиками выяснилось в 1938–1939 гг. (по замечанию проф. Б.Н. Делонэ и проф. С.П. Финикова), что мыслима одна из римановских геометрий, из тех, которые намечались французским геометром Картаном, например, характеризующиеся точкой и зачатком вектора, посолонного или противусолонного. Такая геометрия не построена и не изучена и должна быть выведена.

Надо иметь в виду, что и в этом случае, как и в случае евклидовой геометрии, в природных явлениях мы будем иметь дело только с приближенным сходством, с картановской геометрией, так как мы имеем дело не с идеальным построением нашего ума, а с реальным физико-химическим пространством тела организма, с особым физико-химическим его состоянием.

В этой геометрии должны проявляться следующие особенности:

¹ Это утверждение еще требует подтверждения, но, по-видимому, правильно (см. § 142).

1) геометрия эта должна быть замкнутая, идеальным примером ее является пар;

2) прямые линии и плоскости – прямые поверхности – должны отсутствовать;

3) в этой геометрии не могут одинаково образовываться в ее пространстве стерически правые и левые молекулы химических соединений (и, соответственно, правые и левые твердые состояния кристаллических многогранников).

Если в действительности могут в природе встречаться такие пространства, которые отвечают неевклидовой геометрии, то мы можем встретиться с ними только при изучении симметрии и с этим должны в нашей дальнейшей научной работе считаться¹.

Исходя из эмпирического материала, характеризующего явления правизны и левизны живого вещества, поскольку они проявляются в явлениях симметрии, т.е. в явлениях геометрических, приходится допустить, что в этом пространстве должны существовать оси симметрии пятого порядка и оси симметрии седьмого и выше порядков (см. § 126), которые невозможны для материальных структур кристаллических пространств, т.е. для эвклидова физико-химического пространства трех измерений. К сожалению, как указано, симметрия живого вещества не изучена достаточно и ее изучение есть одна из основных задач биолога. Сейчас собран, но не обработан огромный эмпирический материал, все растущий, который ждет своего исследования.

Так как в живом веществе могут быть правые и левые молекулы (см. § 140–142), и в то же время молекулы основных первичных соединений всегда стерически левые, то должна быть в геометрическом строении пространства какая-то разница для основных соединений, определяющих протоплазму, которая определяет их устойчивость для левых атомных спиралей и неустойчивость для правых. К сожалению, геометрическое значение правизны и левизны до сих пор геометриями не разработано.

Совершенно ясно, что это геометрическое свойство и эвклидова, и, мне кажется, всякого пространства. Это – постулат, пропущенный Эвклидом [2].

Надо прежде всего построить ту геометрию, которая может соответствовать состоянию пространства живого вещества². При этом просто становится понятной обособленность живого вещества в окружающей его косной среде и принцип Реди [3], что живое всегда происходит из живого и что нет абиогенеза.

134. Возвращаясь в 1942 г. к этому вопросу, я должен считаться с одним явлением, которое в 1938 г. мы не принимали во внимание. В начале XX столетия вошло и все больше входит в жизнь благодаря физикам и философам новое понятие, или в данном случае новое явление-понятие, пространства-времени, отличное от пространства просто и от времени просто. Мы имеем здесь два течения мысли.

С одной стороны, чисто геометрическая, абстрактная, корни которой идут в XVIII в. (например, Даламбер), которая рассматривает время как четвертое

¹ Мне кажется, что к этому представлению подходил в своих последних философских работах французский философ Бергсон [1].

² Я всюду говорю не о полном совпадении, а только о приближении к идеальным геометрическим построениям.

измерение трехмерного евклидова пространства, в том числе и заполненного световым эфиром. В XX в. такие геометры, как Минковский и Палладж (1859–1924), пытались ввести его в жизнь, но, насколько я могу судить, возможность существования такого пространства не проявляется в симметрии [4, 4а]. И мы можем поэтому оставить эти искания пока без рассмотрения.

С другой стороны, эйнштейново пространство-время, принятое физиками в XX в. по логическим предпосылкам, в него вложенным, едва ли может приниматься в конкретных фактах на нашей планете в геологических явлениях, так как наша планета проявляется в нем в качестве геометрической точки, в которой плотность ее, в отличие от других точек, равна 5,52 (отнесенная к воде при 0° и 760 мм давления: среди планет плотность Земли самая большая).

Кроме того, то реальное обособленное пространство, в котором находится эта точка – Галактика Млечного Пути, своеобразие которого не может не отражаться на пространственных геометрических свойствах этой точки, не принимается во внимание в эйнштейновом пространстве. Эйнштейн говорит о совершенно ином пространстве, чем то, которое мы начинаем изучать в Галактики.

Отсюда ясно, что, поскольку мы в симметрии изучаем пространственные свойства нашей планеты, мы можем не принимать во внимание построение Эйнштейна.

135. Опираясь исключительно на эмпирический материал биолога и геолога, мы видим своеобразное реальное проявление пространства-времени, отличного от пространства и от времени в земной природе – только в живом веществе. Это пространство-время не отвечает раньше рассмотренным его случаям и проявляется в основных жизненных процессах прежде всего в смене поколений. Для тела живого организма отделить время от пространства невозможно. *Смерть организма, не существующая в косных телах биосферы, и есть такое отделение.*

Необходимо несколько остановиться на этом утверждении. Насколько я могу судить, утверждение, что *смерть в природе имеется только в живых организмах, а не в других косных телах природы, не отвечает общему ее пониманию.* Смерть связана с организованностью, с организмом. Никакое косное природное тело не может считаться организмом и только недавно, в ближайшие годы, мы встретились со случаем в вирусах, в котором натуралист может сомневаться, является ли вирус живым или косным телом. Вопрос не может считаться решенным еще до сих пор, но, мне кажется, это связано с тем, что в вирусах мы имеем дело с проявлением мезоморфного состояния химических соединений, чрезвычайно малоизученного (см. гл. XX).

Очевидно, дальнейшее исследование в ближайшие годы выяснит нам это окончательно, так как только в этом году это физическое состояние получило опытную опору взамен тех представлений о вирусах, которые связывались с кристаллизацией и с кристаллами [5]. Надо ждать дальнейшего развертывания этой путеводной нити для выявления характера вирусов. Для вирусов смены поколений мы не видим.

Для всех остальных косных тел: минералов, горных пород, почв и т.п. – мы имеем дело с разрушением от внешних причин или изменением внешних условий, но не с явлением, которое отвечает смерти живого организма, где

оно связано с его организованностью. И хотя очень часто смерть связана с внешними причинами, она, как мы видели для одноклеточных организмов, для отдельных индивидов может отсутствовать. А для многоклеточных организмов она связана с неуклонно идущим процессом старения, которое связано с внутренним закономерным изменением той причины, которая связана с биогенной миграцией атомов. Натуралист только сейчас подходит к изучению этих явлений.

Помимо тех явлений, которые мы наблюдаем, например, в разрушении косных тел от внешних причин, какими является, например, так называемое выветривание, которое мы наблюдаем в горных породах или в косных памятниках, где идет внешнее разрушение, к которому косное тело относится инертно, мы в живом естественном теле встречаемся с организмом. Организм представляет собой нечто целое, самодовлеющее, целесообразно борющееся с таким внешним разрушением (см. § 138).

Изучать живой организм только как пространственное тело, не учитывая в нем одновременного проявления времени, натуралист не имеет возможности, к сожалению, сознательно он это не подчеркивает. В случае всякого живого вещества, будь то многоклеточное живое вещество – секвойя или слон, или одноклеточный, невидимый глазом мельчайший организм – бактерия, инфузория или грибок, натуралист имеет дело в действительности всегда, поскольку он имеет дело с его телом или с совокупностью его тел, не с пространством, а с пространством-временем.

Это пространство-время не есть то пространство-время, которое характеризуется временем как четвертым измерением трехмерного евклидова пространства-времени. Оно не отвечает и эйнштейнову пространству четырех измерений.

Это реальное пространство-время, которое выявляется симметрией живого вещества, резко отличной от симметрии косных природных тел. Это есть единственный случай, когда натуралист в окружающей его природе реально сталкивается с *пространством-временем*, а не с *пространством только*. Выражается в живой природе это в том, что во всех организмах мы сталкиваемся со сменой поколений, причем для одноклеточных организмов можно поднимать реально вопрос об их бессмертии, т.е. они могут погибнуть только от случая, а в природных условиях клетка может сохраняться неопределенно долгое время, так как одна клетка, дробясь, не имеет конца [6]. Эти организмы не имеют возраста, не стареют.

Физически совершенно ясно, что время, выражающееся в биогеохимии сменой поколений, входит в свойства живого вещества в такой степени, в какой оно не входит ни в какое другое явление на нашей планете [7]¹. Для живого организма, всякого без исключения, мы не можем говорить только о пространстве, но всегда должны говорить о пространстве-времени. Для многоклеточных организмов оно проявляется в действительности всегда в смерти, в *старении* и в *смене поколений*.

Чрезвычайно характерно то основное различие, которое проявляется в живых организмах, одноклеточных и многоклеточных. Здесь резко проявля-

¹ Кроме радиоактивных явлений, которые связаны с пространством атомов в мгновении (см.: Вернадский В.И. Изучение явлений жизни и новая физика // Изв. АН СССР. 7 сер. ОМОН. 1931. № 3).

ется то физическое их различие, которое указывалось раньше и которое связано (см. § 120) с проявлением в их жизни всемирного тяготения. Бактерия или инфузория живет в мире, где наряду с тяготением, иногда противоречиво ему, проявляются молекулярные силы или поверхностные натяжения. Благодаря этому мы подходим к научному парадоксу, что для них тяготение иногда может играть второстепенную роль и даже в предельных случаях молекулярные силы определяют все условия их жизни. Это проявляется, между прочим, в том, что явление смерти для *отдельных* их индивидуумов может и для некоторого их числа должно *отсутствовать*. Размножение делением заменяет старение, и пределы жизни отдельной клетки чрезвычайно колеблются. Мыслимо сейчас, что существуют живые одноклеточные организмы, которые для данного индивидуума «случайно» имеют непрерывное существование тысячи и миллионы лет¹.

136. Время не только проявляется в старении и в смерти отдельного индивидуума и в смене поколений, но в течение геологического времени оно проявляется в эволюционном процессе, в морфологическом изменении живых организмов, в переходе старых видов и родов в новые виды и роды. Процесс этот тянется не менее двух миллиардов лет, но мы можем конкретно точно проследить его только на протяжении больше чем последних пятисот миллионов лет.

При этом выявляется, что существуют организмы, названные Вильзером (1934) «персистентами» [8], которые морфологически не изменились в течение всего времени, т.е. для которых в течение этого времени не было заметного эволюционного процесса. Вильзер, может быть, правильно высказал научную гипотезу, что весьма вероятно, что среда их жизни иногда, как, например, для *Lingula*, не менее полумиллиарда лет в данном месте не менялась. Возможно также, как это думает и Вильзер, что основной причиной являются излучения. Он говорит об излучениях фотонов, но мы не можем забывать еще более мощных и непрерывных космических излучений.

137. Есть еще одно явление, которое было установлено около 90 лет тому назад, в 1851 г., американским минералогом, биологом и геологом Д.Д. Дана. Это указание его на так называемый *энцефалоз* (цефализация), как он назвал эту подмеченную им закономерность, на определенную направленность эволюционного процесса (см. § 199), в ходе геологического времени [9].

Я выражаю это эмпирическое обобщение современным языком, так как Дана (1813–1895), по-видимому, не был эволюционистом и в конце жизни не возвращался к этому вопросу. Это эмпирическое обобщение, которое не может возбуждать никакого сомнения, до такой степени оно ясно и может быть проверено по любой книжке по палеонтологии. Не могу не остановиться на том странном явлении, что оно осталось совершенно неизвестным натуралистам и не вошло в науку.

Мне кажется, одной из причин этого является то, что в биологических работах гипотезы и философские искания играли и играют и теперь основную

¹ Мне кажется, мы можем здесь утверждать, что, согласно теории вероятности, эти реальные случаи должны существовать, так как мы имеем дело с огромным числом неделимых и с огромным числом лет. Это есть проявление закона больших чисел. Если этого явления нет, то должно быть что-то нам неизвестное в структуре земной природы.

роль, когда вопрос идет о крупных обобщениях, что, может быть, объясняется тем, что они касаются самого близкого и нас интересующего – человека.

Когда в 1916–1924 гг. я подошел к вопросу биогеохимии и углубился в нее, перечитал огромную биологическую литературу, я был поражен тем значением, которое имели в ней философские и абстрактные гипотезы и построения, страстностью научных споров, которая царит в этой области знания.

Думаю, впрочем, что это очень редкий случай, на который я натолкнулся с Дана. Обобщение Дана, выраженное опять-таки современным языком, заключается в следующем: *в эволюционном процессе мы имеем в ходе геологического времени направленность. В течение всего эволюционного процесса, начиная с кембрия, т.е. в течение пятисот миллионов лет, мы видим, что от времени до времени, с большими промежутками остановок до десятков и сотен лет идет увеличение сложности и совершенства строения центральной нервной системы, т.е. центрального мозга.* В хронологическом выражении геологических периодов мы непрерывно можем проследить это явление от мозга моллюсков, ракообразных и рыб до мозга человека. Нет ни одного случая, чтобы появлялся перерыв и чтобы существовало время, когда добытые этим процессом сложность и сила центральной нервной системы были потеряны и появлялся геологический период, геологическая система с меньшим, чем в предыдущем периоде, совершенством центральной нервной системы (см. § 199). Во всем дальнейшем изложении я буду называть это эмпирическое обобщение *принципом Д.Д. Дана.*

Мы видели (см. § 114–115), что геологически, в течение больше двух миллиардов лет, на нашей планете существовала жизнь, и человек явился на ней только в последние миллионы лет. Смена поколений в его отдаленных предках шла более быстрым темпом. И, по-видимому, длительность отдельного индивидуума увеличивается. Мы подходим здесь к пределу нашего современного знания и на этом пока можем здесь остановиться.

138. Чрезвычайно характерно, что смена поколений идет разно в микроскопическом и макроскопическом проявлении живого вещества. Биогеохимический эффект живого вещества на нашей планете наиболее велик (см. гл. XX) для одноклеточных микроскопических организмов, нашему глазу не видных и видных только в больших скоплениях. Они создают планетную атмосферу, играют первостепенную роль в других геологических процессах планетного характера, резко меняя всю химию биосферы, а через нее и химию планеты (см. гл. XIX). Только в ноосфере многоклеточный организм человека начинает входить как заметная геологическая сила, и пока его геологический эффект начинает сказываться только в течение одной трехтысячной времени существования научно познаваемой жизни планеты. В действительности геологическое значение человека стало сказываться только-только в последние два-три столетия и в истории Земли пока все-таки теряется. Живое и косное вещество резко обособлены друг от друга. Живое вещество является замкнутым от окружающей среды, неделимым, индивидом, которое, однако, непрерывно теснейшим образом поддерживает связь с окружающими его косными или живыми естественными телами.

Эта связь проявляется в дыхании и питании. Мне кажется, впервые значение этого явления как планетного было указано замечательным ученым,

работавшим в нашей стране, отдавшим ей свою жизнь, русским академиком К. Вольфом (1733–1794) в 1782–1789 гг. [10].

Он пытался связать ее со всемирным тяготением, рассматривая питание и дыхание организмов как космический процесс¹.

Та же мысль была теоретически развита его младшим современником – польским ученым Е. Снядецким (1768–1838) в 1792–1804 гг. Е. Снядецкий указал, что рост массы живого вещества путем смены поколений – и питанием и дыханием – идет обратно пропорционально массе организма, в отличие от всемирного тяготения [11].

В начале XIX в. (1808 г.) связал ее с картезианскими идеями о вихрях французский ученый Ж. Кювье (1769–1832), говоря о живом организме как о центре вихревых движений молекул [12] из окружающей среды в организм и из организма в окружающую среду. Это были отголоски идей Декарта, еще живых в его время. Кювье говорит: «Пока это движение существует, тело, в котором оно имеет место, живо, оно живет. Когда оно останавливается, тело умирает». Здесь мы видим проявление другой основной идеи биологии, примата в явлениях жизни формы.

Наконец, в 1926 г. эти явления введены мной как *биогенная миграция атомов* [13] в условиях, указанных Снядецким (см. гл. XIX).

139. До сих пор мы не выходили из приближения к пространствам эвклидовой геометрии трех измерений, но вынуждены были выделить кристаллические пространства (см. § 127), которые отличаются от обычного эвклидова пространства тем, что эти состояния пространства не изотропны, хотя и однородны: они векториальны. В окружающей нас природе на нашей планете таких состояний пространства будет бесчисленное множество, прежде всего резко отграниченных, в виде природных твердых тел – монокристаллов, окруженных или атмосферой, т.е. газовой средой, приближающейся по своей геометрии к изотропному эвклидову пространству трех измерений, или находящихся в жидкостях, в которых они нерастворимы, в растворах, которые геометрически отвечают тоже другому изотропному эвклидову пространству², или находящихся в тесном контакте с другими твердыми телами, образуя в природе разнородные твердые горные породы, в которых физико-химическое пространство гетерогенно зернисто и состоит или из монокристаллов разного состава, или из так называемых аморфных тел (см. § 131).

Мы основывались для этих выводов на эмпирическом характере симметрии природных тел. Симметрия есть одно из самых глубоких эмпирических обобщений, которые мы имеем. Она легко выражается в математических символах, что отвечает ее природе. То новое, что вносится в моем изложении, –

¹ К сожалению, роль этого великого натуралиста в нашей стране и в науке вообще до сих пор недостаточно оценена. В академической комиссии по истории знаний в 1926 г. была образована особая подкомиссия под моим председательством для выяснения научного значения работы Вольфа и для оценки рукописного материала, который сейчас хранится в архиве Академии наук, но эта работа не была доведена до конца (см.: *Вернадский В.* Очерки геохимии. М.; Л.: Гос. изд-во, 1927. С. 40, 301).

² Жидкие кристаллы представляют собой анизотропные жидкости и являются нам (см. § 131) резко отграниченными от окружающей среды поверхностными силами. Они создаются исключительно трудом человека, в природе они пока не известны.

это представление о симметрии как о геометрическом проявлении природных (в данном случае земных) состояний пространства (см. § 122). Проверка этого положения для косных природных тел вполне подтвердилась.

Наши кристаллографы и геометры показали, что число различных кристаллических пространств, т.е. кристаллических состояний эвклидова пространства трех измерений¹ для молекул и монокристаллов, для природных тел минералогии и стереохимии равно 229. Но в действительности число их индивидуальных проявлений бесконечно, вероятно, должно считаться многими миллионами миллионов, столько же, сколько может быть определенных твердых природных химических соединений или их твердых растворов.

Найдено в природе большинство этих 229 типов кристаллических состояний пространства, много больше половины (около 200), и что может быть еще важнее, это то, что ни одного типа, сюда не подходящего, не найдено. Наиболее резко пространственные соотношения проявляются в материальных телах твердых, хотя бы таких, какими являются минералы, кристаллы, организмы и т.д. Прежде, чем идти дальше, я позволю себе несколько замечаний по поводу геометрических правильностей в природе, имея в виду главным образом те, которые могут проявляться резко в симметрии.

Мы знаем, что разных геометрий, т.е. разных пространственных особенностей, может быть бесчисленное множество.

К трем ветвям таких геометрий – к геометриям Эвклида, Лобачевского, Римана – могут приближаться все геометрические проявления окружающей нас природы. В каждой ветви теоретически может быть бесчисленное или почти бесчисленное множество геометрий. Две ветви – геометрия Эвклида и геометрия Лобачевского – пространственно не ограничены. В геометрии Римана есть ее проявления, которые всегда ограничены.

Сейчас в математике идет огромная работа научной мысли, которая, по-видимому, позволит свести все геометрии в единое целое, вывести все их, исходя из единых общих положений. Едва ли можно сомневаться в положительном результате этой работы. Но этот результат лежит вне поля интересов натуралиста. Мы только должны его не забывать для понимания, с какими явлениями мы имеем дело, когда мы говорим о симметрии.

Натуралист, наблюдая конкретную природу, в сущности всегда видит, что он изучает частный случай. И всегда он приходит к заключению, если область достаточно научно изучена, что природные явления, особенно планетные, являются незначительным числом из бесконечного количества мировых возможностей. Мы изучаем одну нашу планету – Землю, и, очевидно, она не может дать нам понятие о своей природе, и чем больше мы углубляемся, тем больше мы видим, что мы изучаем небольшой частный случай.

В эмпирическом материале, который дает нам изучение явлений симметрии, мы можем ждать эмпирических проявлений разных геометрий, если они на нашей планете могут проявляться. Это нельзя решить а priori и можно только увидеть, изучая фактически эмпирический материал. Эмпирический материал симметрии, как мы видели (см. § 125), идет на необычную для нас глубину нашего прошлого.

¹ Как указано в § 127, они первые поняли и доказали, что симметрия выражает явления пространства. Правильнее говорить о кристаллических состояниях пространства.

Натуралист имеет дело не с абстрактным аморфным пространством геометра, которое является отвлечением от реальности. Он имеет дело с реальными физико-химическими состояниями пространства, которые приближаются к идеальным пространствам геометрий. Они открываются ему в виде законов симметрии. Как глубоко идут законы симметрии, мы не знаем. Ясно, что эти законы не могут отвечать только эвклидовой геометрии. Только изучая симметрию, без всякой предвзятой мысли, как природное земное явление, мы можем решить вопрос, существует или не существует в каких-нибудь отдельных случаях в окружающей нас природе эмпирическая база для геометрий не Эвклида. Особенно с этой точки зрения должны обращать на себя внимание натуралиста формы римановских геометрий, так как они замкнуты и могут давать бесчисленные разности (см. § 133). Другого пути убедиться в их существовании, как изучение симметрии, мы не имеем.

Перейдем к эмпирической базе с этой точки зрения.

140. В 1848 г., почти сто лет тому назад, Л. Пастер [14] открыл кристаллографическое явление, которое он назвал *диссимметрией* и которое он связал с химическим составом живого вещества. Это явление в 1860 г., когда он вновь к нему вернулся, в двух лекциях в Химическом обществе в Париже, он назвал *молекулярной диссимметрией* [5].

Явление, им открытое, заключается в следующем. Он нашел, что все основные *необходимые для жизни* органические соединения – белки, жиры и углеводы – те тела, которые преобладают в яйцах и в семенах прежде всего в форме молекул и кристаллов, резко отличаются от обычных соединений нашего земного вещества. В них всегда можно отличить *два изомера: стерически правый и левый*. Из них в живом существе может существовать только стерически левый, т.е. в котором атомы в стереохимической формуле расположены по левым спиральям¹. То, что правизна и левизна есть свойство молекул, видно из того, что жидкие *растворы* этих кристаллов могут вращать плоскость поляризации света: левые – влево, а правые – вправо на тот же самый угол для одного и того же соединения. При смешении правых и левых кристаллов одного и того же соединения в равных количествах и концентрациях получаются растворы, которые не вращают плоскости поляризации света, и получаются кристаллы, которые как бы состоят по форме из правого и левого кристалла, которые были названы Пастером *рацемическими разностями*. Пастер понимал это явление рацемизации просто и неправильно. Так как в рацемических кристаллах находились всегда в комбинациях одного и того же кристалла правые и левые формы, то он думал, что при рацемизации происходит компенсация чисто механического характера.

Правые и левые кристаллы (и молекулы в стереохимических формулах) никогда не имеют центров симметрии и осей сложной симметрии, т.е. имеют только так называемую зеркальную симметрию. Пастер, между прочим, работал над виноградной кислотой и над правыми и левыми изомерами винных кислот и их подробно изучил. При смешении правых и левых винных кислот получается рацемическая виноградная кислота.

Уже в 1868 г., через 8 лет, А. Скакки [16] в Неаполе доказал, что более тщательное кристаллографическое исследование виноградной кислоты убеждает,

¹ Возможность такого явления была впервые указана Э. Фишером.

что она кристаллизуется в другой кристаллической системе, чем винные кислоты, – в голоэдриии триклинической системы, и кристаллы ее коренным образом кристаллографически отличны от моноклинических кристаллов правых и левых винных кислот, что они принадлежат к разным кристаллическим классам. Кристаллы виноградной кислоты только похожи на кристаллы винных кислот, их кристаллическая ячейка совсем другая.

Сейчас можно обобщить открытие А. Скакки. Это – общее явление. Легко убедиться, хотя бы по справочникам, что все *рацемические соединения* дают кристаллы, которые могут быть получены из правых и левых изомеров даже простым смешением их растворов, но они всегда кристаллизуются в другом классе и даже иногда в другой кристаллической системе, как это имеет место по отношению к случаю Пастера, чем их оптические изомеры. Они обладают центром симметрии и плоскостями симметрии, *кристаллографически и химически от оптических изомеров резко отличны*, имеют другой удельный вес, показатели преломления и т.п. Это различные химические тела.

Таким образом, *при рацемизации получают новые химические соединения*. Это ярко проявляется в термохимическом эффекте. При рацемизации выделяется энергия – *тепло*, при обратном процессе распада на изомеры *поглощается тепло* [17].

К сожалению, еще до сих пор в химии недостаточно учтены эти результаты точного кристаллографического исследования, и мы имеем постоянно целый ряд построений, которые повторяются в научных работах и запутывают эти явления¹.

Основное открытие Пастера заключалось в том, что в живых организмах основные необходимые для жизни соединения всегда *стерически*, как мы теперь говорим, *левые*, а *стерически правые изомеры не существуют в живом веществе для этих основных соединений протоплазмы*. По законам кристаллографии можно было бы ждать, что в молекулах тела живых организмов существуют оба изомера – правый и левый, которые легко получают синтетически. Причина отсутствия этого явления должна лежать в организме.

В 1894 г. Эмиль Фишер [18] неудачно пытался уточнить это явление и назвал молекулярную диссимметрию Пастера *асимметрией*. В 1898 г. за ним последовал английский химик Ф. Джепп [19]. К сожалению, в 1940 г. Г.Ф. Гаузе [20] принял поправку Э. Фишера.

Мне кажется, правильнее вернуться к ходу мысли Пастера и сохранить понятие молекулярной диссимметрии, или, что то же по-русски, *диссимметрии молекул*, для характеристики жизненно важных соединений живого вещества. Ничего подобного мы в косных природных телах не наблюдаем. *Это действительно характерное физико-химическое отличие живого вещества от косного*.

Понятие асимметрия лучше оставить, так как оно, по-видимому, реально не существует, ибо Э. Фишер, мне кажется, скрытым образом предположил при его создании, что в живом организме реально идет смешение правых и левых изомеров, в нем будто бы действительно всегда существующих, причем всегда преобладают левые изомеры. Асимметрия (т.е. отсутствие

¹ Так, например, в очень распространенной научной сводке этой проблемы, в книге Т. Лоури (1935): *Lowry T. Optical Rotatori Power. L., 1935.*

симметрии) это и выражает. Существование оптической чистоты (см. § 142), значение которой подчеркнуто Гаузе, противоречит асимметрии.

Конечно, смешивая в лаборатории правые и левые изомеры в неравном количестве, мы получим оптически левый или правый раствор, в зависимости от того, какой изомер преобладает, но при кристаллизации этих же растворов мы должны бы в этом случае получать, кроме кристаллов рацемических форм, правые или левые их изомеры. Оптической чистоты не должно быть. В действительности этого нет. В протоплазме мы имеем дело (см. § 142) с *оптически чистыми соединениями*, т.е. с такими, которые состоят только из молекул стерически левых. В оптически чистом растворе нет ни правых, ни рацемических молекул. В протоплазме мы имеем дело только с молекулярной диссимметрией (что признает и Гаузе), т.е. только с молекулами стерически левыми (см. § 142).

141. Диссимметрия Пастера заключалась в том, что самые основные строящие организмы соединения – белки, углеводы и жиры – в наших лабораториях могут быть получены в правых и левых изомерах, но в природе *в живом веществе*, во всех растениях, животных и микробах, существует только один из изомеров – стерически левый. Уже после Пастера создалась новая область химии – *стереохимия*, которая позволяет нам точно выражать распределение атомов данного соединения в трехмерном кристаллическом пространстве. Трехмерное евклидово пространство – более простое выражение твердого состояния материи, т.е. твердых определенных химических соединений и их твердых растворов.

Развитие кристаллографии и стереохимии после Пастера позволило с помощью рентгеновского света или электронных пучков точно проверять стереохимические формулы химиков. К сожалению, в нашей стране, несмотря на огромную творческую работу в области органической химии, эта область стереохимии отсутствует. Почти все природные соединения, входящие в состав живого вещества, в большинстве состоят из легких атомов С, Н, О, N (атомный вес 1–18).

Рентгенограммы здесь недостаточно чувствительны и в сложных формулах биологических соединений играют неизбежно второстепенную роль. Благодаря точности химической работы органической химии это не так ярко чувствуется, а более тонкая методика – электрограммы – почти совершенно отсутствуют в нашей стране.

Такое состояние этого вопроса нельзя считать нормальным и надо надеяться, что в ближайшее время оно будет изменено. Должна быть восстановлена проверка формул химиков и кристаллографов. Формулы их должны совпадать. Для природных соединений я такой проверки не знаю, и она основывается только на химической научной работе. До сих пор нет ни одного случая, где бы в природных соединениях в живых веществах наблюдались *стерически правые* изомеры основных соединений протоплазмы. Как мы увидим ниже, среди этих стерически левых тел многие являются правовращающими, но химическая структура их не возбуждает, по-видимому, сомнения. Но все-таки нужна проверка электронограммами.

142. Пользуясь прекрасной сводкой проф. Г.Ф. Гаузе [21], мы можем дать сейчас вкратце обзор нашего современного знания в этой области. Как правильно указывает проф. Г.Ф. Гаузе, «можно считать сейчас молекулярную

диссимметрию живых систем одним из самых значительных обобщений экспериментальной биологии¹. Это обобщение прочно основано на большом числе наблюдений, собранных в течение почти ста лет после пионерской работы Пастера» [22].

Молекулярная диссимметрия составных частей протоплазмы «прямо связана с ролью, какую играют эти соединения в метаболических процессах» [23].

Все соединения, о которых будет идти речь и которые отвечают молекулярной диссимметрии Пастера, в живых организмах наблюдаются в протоплазме. Но они, несомненно, проникают и в скелетные части живых организмов, как это видно, например, для белков в раковинах брюхоногих моллюсков (конхиолин). Уже Пастер знал, что все белки, входящие в протоплазму, являются стерически левыми, выражаясь современным языком. Экспериментально первый пытался доказать это для аминокислот Э. Фишер в 1907 г. [24]. Неполное совпадение результатов опыта с теоретическим выводом он правильно объяснил рацемизацией при очищении аминокислот.

В своей сводке наших современных знаний Гаузе пришел к заключению: «Можно в настоящее время утверждать как установленный факт, что все аминокислоты, входящие в состав протоплазматических белков, являются оптически чистыми. Ни одного исключения не известно.

Жиры или лецитины, которые содержат азот или фосфор и которые рассматриваются как интегральные составные части основных единиц протоплазмы, тоже являются оптически «чистыми»» [25], как это было установлено Майером в 1906 г. [26].

В результате своего обзора Гаузе указывает, что среди основных «первичных» (Primare) веществ все аминокислоты, лецитины и большинство важных сахаров, таких как глюкоза², фруктоза и многие другие, находятся в протоплазме всегда в оптически чистом состоянии [27]. Оптически чистым состоянием называется такое состояние, когда в протоплазме находится только один стерически левый изомер.

«Как только мы переходим от первичных к вторичным веществам, оптическая чистота теряет свой обязательный характер. Это особенно ясно для органических кислот, которые являются промежуточным продуктом метаболизма. Их происхождение и их значение являются до сих пор источником споров, особенно для растений. Для них до сих пор не ясно, связано ли в конце концов образование органических кислот с метаболизмом аминокислот или же они представляют стадию в цикле углеводов. Когда органические кислоты начинают появляться, то они еще оптически чисты, как бы еще носят в себе отпечаток своего происхождения из первичных веществ. Но как только они отделяются от первичных асимметрических систем, может быть, начиная играть роль запасного вещества, они начинают принимать характер рацемических соединений» [28].

¹ Г.Ф. Гаузе говорит здесь об асимметрии, но указывает, что она выражена одним стерически левым изомером, оптически чистым, и вполне относится, следовательно, к диссимметрии Пастера.

² Левовращающая глюкоза не встречается в живых организмах. Она практически не ферментируется, не бродит и не употребляется в пищу ни растениями, ни животными.

Основные соединения, выделяемые из тканей животных и растений, их строящих, всегда *стерически левые*. Так, для аминокислот нет ни одного исключения. Так, выделяется только правовращающий аланин, левовращающий лейцин, правовращающий валин, левовращающий гистидин, левовращающая аспартовая кислота и т.д., все эти аминокислоты стерически левые. Кажущиеся исключения из этого правила связаны с рацемизацией при их очищении [29].

Для менее важных составных частей в разных растениях (и животных) могут встречаться разные изомеры, стерически правые и левые, например, в алкалоидах, в терпенах и т.д. [30].

Для аминокислот мы можем говорить, таким образом, о *биологических изомерах*, которые по существу имеют одно и то же спиральное распределение атомов, но могут вращать плоскость поляризации света вправо или влево [31].

«Хлорофилл» является стерически левым веществом [32]. В тканях растений и животных нет – в основной их массе – стерических правых изомеров. Эмпирическое обобщение Пастера может считаться научно установленным и может быть принято за исходное для дальнейшей научной работы.

Все аминокислоты растительного и животного происхождения оказываются оптически чистыми, т.е. существует только один их изомер стерически левый, другой же совершенно отсутствует. Не известно ни одного исключения из этого эмпирического обобщения¹ [34].

143. Проф. А.Р. Кизелем и его учениками в биохимической лаборатории Московского университета в контакте с Биогеохимической лабораторией Академии наук СССР были впервые изучены белки моллюсков из гастропод *Fruticicola Lautzi* [35] с правыми и левыми завитками раковин, которые нередко встречаются в природе в отдельных чистых разностях правых и левых в массовых выделениях (см. § 123), что для других моллюсков не является обычным. Число случаев неделимых с правыми завитками обычно значительно больше числа индивидов с левыми завитками. Для ряда моллюсков они совсем не известны. Для конхиологов они всегда являлись чем-то загадочным [36].

Причина правизны и левизны спиральных раковин нам не известна, но можно было думать, что она связана с очень глубокими свойствами организма. Высказывались предположения о связи ее с направлением вращения нашей планеты вокруг своей оси (Bernardin de St. Pierre). И можно было ждать, что это связано с веществом тела этих животных, и, по-видимому, это верно, но лежит глубже тех соединений – белков, жиров и углеводов, которые выдвигались Пастером. Белки, сахара и жиры этих моллюсков оказались очень мало изученными. Для исследования были взяты белки как самая основная часть протоплазмы.

Белки эти двоякого рода. Во-первых, такие, как конхиолин², которые входят в скелетную часть организма, в раковину, и считаются физиологическим отбросом и которые используются организмом для постройки своих скелет-

¹ В патологических случаях (раковые опухоли) мы имеем появление правых изомеров аминокислот. Это открытие, вероятно, может иметь большое значение [33].

² В право- и левозавернутых раковинах еще для двух других родов конхиолин всегда левовращающий плоскость поляризации света [37]. Конхиолин представляет из себя очень простой белок с очень малым количеством аминокислот.

ных частей. И во-вторых, белки тела животных, мускулов. И те и другие оказались для *Fruticicola Lautzi* и других стерически левыми одинаково в правых и левых завитках раковин.

Неправильно думать, однако, как это часто приходится слышать и читать, что дело тут заключается в энергетических проявлениях, как это думал Пастер, который видел это проявление свойства живого вещества в левом вращении белков и т.п. Среди основных тел, этим свойством в живом веществе обладающих, находится глюкоза, которая вращает плоскость поляризации света вправо, хотя она, а не отвечающий ей изомер – левулеза, которая вращает плоскость поляризации на тот же угол влево, характерна для живого вещества.

Но исследования, сделанные Э. Фишером [38] и его школой, показали, что глюкоза по своей стереохимической структуре дает формулы, в которых атомы расположены по левым спиральям (см. § 134).

По белкам, одновременно с проф. Кизелем, проф. Г.Ф. Гаузе в Московском университете, также в контакте с Биогеохимической лабораторией Академии наук СССР, делал опыты над спиральными колониями бактерий – *Vacuillus mycoides* [39].

Этот организм, подобно моллюскам, дает правые и левые формы, в природе обычны левые формы. Правые получены впервые Герсбахом [40] в 1922 г., а затем они были изучены в лаборатории Микробиологического института Академии наук в Москве проф. Г.Ф. Гаузе, причем правая форма была встречена всего три раза; правизна и левизна их наследственна [41]. И правые, и левые формы лучше растут на естественных, т.е. на стерически левых, аминокислотах, чем на неестественных, т.е. стерически правых. Правые формы вообще физиологически слабее. Новые работы Г.Ф. Гаузе показали, что *энзимы* из левых и правых разностей различны [42]. Из правых бацилл он мог выделить правый энзим, а из левых бацилл – левый. Энзимы, как теперь выясняется, представляют из себя сложные системы из белка (протеина) и простетической группы небелкового строения. Одновременно их нахождение вызывает реакции, свойственные энзимам. В отдельности белок и простетическая группа этих реакций не вызывают.

Они встречаются в небольших количествах во всех организмах и, по современным воззрениям биохимиков, играют в жизненных процессах перво-степенную роль, являются в них ведущими соединениями. Это открытие Г.Ф. Гаузе имеет большое значение, так как открывает нам путь для решения вопроса. Необходимо теперь изучить левые и правые энзимы гастропод. Если окажется, что в правых гастроподах будут энзимы правые, а в левых – левые, как это Гаузе показал для бактерий, то причина явления будет ясна. Эта работа остановлена войной и при первой возможности будет восстановлена.

144. Новое понятие пространства-времени создано вне эмпирической работы натуралиста, в связи с углублением нашего понимания реальности Эйнштейном и раньше его математиками в XVIII в., когда они рассматривали время как новую четвертую координату пространства, чрезвычайно отвлеченно от реальности (см. 134).

В смене поколений живого вещества мы имеем дело не со временем и не с пространством, но с неразделимым друг от друга пространством-временем в смене поколений, которая явно не имеет никакого отношения к координатам

пространства, но является физико-химическим проявлением пространства-времени; это как будто бы координата времени.

Это пространство-время в явлениях симметрии, т.е. геометрически, резко отличается от других природных земных пространств, как мы видели (см. § 135 и сл.). То пространство-время, с которым встретился натуралист, исходя из явлений симметрии, ничего не имеет общего с этими пространствами-временами.

Для него логически правильно построить новую научную гипотезу, что для живого вещества на планете Земля речь идет не о новой геометрии, не об одной из геометрий Римана, а об особом природном явлении, свойственном пока только живому веществу, о явлении пространства-времени, геометрически не совпадающем с пространством, в котором время проявляется не в виде четвертой координаты, а в виде смены поколений. Это может быть проверено только опытом и наблюдением.

Это выражается в том, как я уже указал, что мы нигде не наблюдаем в природе абиогенеза – образования живого организма прямо из косной среды, что связь живого вещества с окружающей его косной средой проявляется только в биогенном токе атомов. Организмы размножаются поколениями, рождаются. Этот процесс, как мы теперь знаем, длится миллиарды лет, и мы не знаем нигде на Земле следов времени, где бы живого вещества не было (см. § 114–116).

Таким образом, организм сам создает свое вещество и резко отграничен от эвклидово-ньютонического или эйнштейновского понимания его окружения. И так длится миллиарды лет. Я не буду здесь останавливаться на дальнейшем рассмотрении этой проблемы, которая пока находится только в стадии эмпирического созидания и исследования. Пока она является как изложение эмпирического факта (см. § 135). Если бы мы попытались количественно выразить преобладание левых атомных спиралей в теле живого вещества, то можно для этого воспользоваться тем, что есть живые медузы, состав которых на 99,7% по весу, а может быть и больше, состоит из жидкой воды (см. § 163). Можно сказать, что для этих медуз стерически левые тела равносильны 99,7% их другого вещества.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Bergson A.* La durée.

2. *Study E.* // Arch. und Phys. 1913. Bd. 21. S. 193–226. Мне говорили, что в последнем издании Gilbert'a (Grundlagen der Geometrie) внесена поправка о правизне и левизне, но я ее не нашел.

3. *Redy F.* Esperienze intorno alla generaz. d'insetti, 1668 // Opere. 1712. Vol. 13. F.

4. *Minkowsky H.* Raum und Zeit. В 1908 г. в связи с теорией относительности преславльский профессор Герман Минковский в произшедшей огромное впечатление речи на съезде математиков в Кёльне поставил новое понятие о едином, неделимом пространстве-времени и о времени как о четвертом измерении пространства.

4а. *Palagyi M.* Neue Theorie des Raumes und der Zeit. L., 1901. Паладж – оригинальный венгерский философ, профессор физики в Будапеште, опубликовал свою работу в 1901 г., но она тогда прошла незамеченной. О нем см.: *Deubel W.* Preus. Jahrb. 1906. Bd. 203. S. 330.

5. *Bernal, Fankucher* см.: *Bowden* (ref.) // Nature. 1942. Vol. 149. P. 321.

6. *Metalnikov S.* La lutte contre la mort. P., 1937.

7. *Bergson A.* La durée.

8. *Wilser L.* Lichtreaction in fossil. Tierwelt. B., 1931. S. 161.

9. Д. Дана высказал свой «принцип цефализации» в 1863–1866 гг. в статьях журнала «Amer. J. Sci.», во главе которого он стоял. Это были выводы из его большой работы по зоологии ракообразных (Amer. J. Sci. Vol. 35. P. 65–67; Vol. 36. P. 1–10, 233–235, 321–352, 440–442; Vol. 37. P. 10–33, 157–183, 184–186, 163–174; *Englander N.* // Ibid. Vol. 22. P. 495–506; On cephalization). О J.D. Dana см.: *Gilman D.* The life J.D. Dana. N.Y., 1889; *Rice W.* The geology of James Dwight Dana // Problems of American geology. New Haven, 1915.

10. *Wolf C.* Von d. eigenthüml. Kraft d. vegetabl. sowohl auch der animal. Substanz als Erläuterung zwei Preisschriften über d. Nutritionskraft. Pet., 1789.

11. *Sniadecki J.* Teorya jestestw organiczn. Warszawa, 1804. Т. I; Wilno, 1811. Т. II; 1861. Т. I–III; Последнее издание 1905 г. на фр. яз.: *Chimie théorie des êtres organisés.* P., 1825. Vol. 2, 2. Это замечательное произведение по глубине мысли и последовательности. Оно сохраняет интерес до наших дней. Енджей Снядецкий – доктор медицины, врач-практик и профессор химии Виленского университета, а также видный общественный деятель, младший брат известного астронома Яна Снядецкого. См.: *Sniadecki, Wrzasek.* Krakow, 1910. Т. I, II; Рус. биогр. словарь. 1909. Т. XIX; *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 355.

12. *Guvier G.* Rapport historique sur le progrès de science. P., 1808, 1827.

13. *Вернадский В.* // Изв. АН СССР. 1926. Т. 20, № 9. С. 697–726; № 12. С. 1053–1060; Био-геохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 59.

14. *Pasteur L.* // Ann. chim. phys. 1848. Vol. 24. P. 442–459.

15. *Pasteur L.* Recherches sur la dissymetrie moléculaire // Soc. chim. Paris. Lect. chimie prof. en 1860; Oeuvres. P., 1860. Vol. P. 243.

16. *Scacchi A.* // Atti Acad. Neapol. 1869. Vol. 8.

17. *Гаузе Г.Ф.* Асимметрия протоплазмы. М.; Л., 1940.

18. *Fischer E., Thierfelder H.* // Ber. chem. Ges. 1894. Bd. 27. S. 2031–2037.

19. *Japp F.* // Nature. 1898. Vol. 58. P. 452.

20. *Гаузе Г.* Указ. соч. С. 6.

21. *Гаузе Г.* Там же.

22. *Gause G.* Optical activity and living matter. Norn, 1941. P. 20.

23. *Гаузе Г.* Указ. соч. С. 20.

24. *Fischer E.* // Ber. chem. Ges. 1907. Bd. 40. S. 1501.

25. *Гаузе Г.* Указ. соч. С. 21.

26. *Mayer P.* // Biochem. Z. 1906. Bd. 1. S. 39–52.

27. *Гаузе Г.* Указ. соч. С. 22.

28. *Гаузе Г.* Там же. С. 22.

29. *Гаузе Г.* Там же. С. 28.

30. *Гаузе Г.* Там же. С. 32.

31. *Гаузе Г.* Там же.

32. Хлорофилл – зеленый пигмент растений, создатель свободного кислорода планеты, по составу близок к белкам, содержит до 20% Mg (*Stoll A., Wiedemann* // Helv. chim. acta. 1933. Vol. 16. P. 307–314).

33. *Gause G.* Optical Activity and living matter. Norn, 1941. P. 133; *Kögl F., Ertleben H.* // Nature. 1939. Vol. 144. P. 111; *Ibidem.* // Z. physiol. Chem. 1939. Bd. 261. S. 154–171.

34. *Гаузе Г.* Указ. соч.

35. *Кизель А., Ефимочкина Е., Ралль Д.* // Докл. АН СССР. 1939. Т. 25, № 6. С. 481; *Кизель А.Р.* // Докл. АН СССР. 1941. Т. 31, № 6. С. 602.

36. *Cook T.* The curves of life. L., 1914; Spirals in nature and art. 1903; *Ludwig W.* Der Rechts-Links Problem im Tierreich und bei Menschen. B., 1932.

37. *Кизель А.* Указ. соч.

38. *Fischer E.* Op. cit.

39. *Гаузе Г.* Указ. соч. С. 88 и сл.

40. *Gersbach A.* // Zbl. Bakteriол. 1922. Bd. 88. S. 103.

41. *Гаузе Г.* Указ. соч. С. 80.

42. *Гаузе Г.* // Биол. журн. 1941.

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ И ГЕОСФЕРЫ
В СТРУКТУРЕ БИОСФЕРЫ.
ДИССИМЕТРИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Разделение биосферы на геосферы. Тропосфера. Строение биосферы и проявление в ней диссимметрии (§ 145). Тропосфера, деление ее на геосферы, постоянство ее химического состава (§ 146). Электрическое поле Земли и ионизация тропосферы (§ 147). Кислородная поверхность. Подземная и подводная тропосферы (§ 148–152). Химический состав тропосферы (§ 153). Таблица 19 химического состава тропосферы (§ 154). Биогенное происхождение тропосферы (§ 155–157).

145. Исходя из всего изложенного выше, удобно при учете химического состава биосферы исходить из химического состава, явно различного, пяти отдельных геосфер, ее составляющих. Начиная сверху, мы имеем:

1. *Стратосфера биосферы.* В геологическую стадию биосферы, нами переживаемую, стадию создания ноосферы, мы должны считаться с усиленным проникновением жизни в стратосферу, бессознательного, но неизбежного завоевания ее человеком с его живыми спутниками, идущего случайно с XVIII в., а в широкой форме с XX в.¹ Стратосфера может быть оставлена в стороне от нашего рассмотрения, так как масса ее невелика и «живое вещество» попадает туда пока случайно. Вероятно, пройдет много веков, прежде чем она будет охвачена живым веществом.

2. *Тропосфера* – наш воздушный океан, тот богатый молекулярным кислородом воздух, который нас всюду окружает.

Эти обе оболочки облекают весь земной шар, всю планету, но далее мы встречаемся с резкой диссимметрией (см. § 88), характеризующей биосферу, и исчезающей, как мы видели (см. гл. XII и XIII, табл. 10), только в *тяжелой подгранитной оболочке*. Эта диссимметрия распространяется на три следующие геосферы, входящие в состав биосферы. Можно сказать, что биосфера, за исключением воздушного океана, всецело находится в области диссимметрии планеты. Она оканчивается *гранитной оболочкой*, которая тоже генетически связана с биосферой (см. ч. I, § 100 и сл.).

3. *Гидросфера*, третья геосфера биосферы, уже *не охватывает* весь земной шар. Она неотделима от проникающей ее газообразной тропосферы, *подводной тропосферы*, химически и физически отличной от свободного воздушного океана.

4. *Область геохор с наземной жизнью* (см. ч. I, § 240), неотделимой от нижних слоев тропосферы, до кислородной поверхности включительно.

5. *Стратисфера с подземной жизнью* и с подземной тропосферой (вероятно, вся стратисфера должна быть отнесена к биосфере). Подземная жизнь только сейчас начинает научно изучаться. Все эти геосферы не только физически, как это видно из изложенного, но и химически резко различны. Между ними нет переходов. Отсюда следует, что при учете химического состава

¹ Первый полет в тропосферу был совершен в 1783 г. на «Монгольфьере» (измерение температуры Шарлем на высоте больше 3467 м). Наблюдатели очнулись после обморока. Пикар прошел тропосферу и вошел в стратосферу (на высоте 16 000 м) в 1931 г. [1].

биосферы мы должны исходить из химического состава каждой из составляющих ее геосфер в отдельности.

При этом мы должны получить понятие не о среднем математическом составе, хотя он иногда имеет значение, но знать состав каждой геосферы отдельно, определяя эмпирически наблюдаемые максимумы и минимумы для каждого химического элемента, т.е. определенно наблюдавшиеся и, очевидно, повторяющиеся, незыблемые в течение веков (исторического времени) пределы колебаний, но в геологическое время, очевидно, меняющиеся, как это мы видим на стратосфере, в которой мы переживаем начало геологического момента ее изменения.

Прежде чем идти дальше, я хочу еще раз остановиться на диссимметрии, которая характеризует биосферу. В 1931 г. [2] я коснулся этого вопроса в аспекте проблемы начала жизни на нашей планете. С тех пор прошло много лет, и в непрерывном размышлении и научной обработке проблем биогеохимии я могу к ней отнести в 1942 г. более критически, чем я мог это сделать в 1931 г.

В предыдущей главе я глубже обосновал, что коренное отличие живого вещества от косного связано с особым состоянием пространства (см. § 132–133), занимаемого его телами, и что это пространство не может быть эвклидовым пространством трех измерений и ярко выражается как особое пространство-время. До сих пор мы не знаем пока других явлений на нашей планете, которые бы отвечали тоже неэвклидовому пространству (см. § 144).

Я предположил тогда, что образование диссимметрии, о которой идет речь, могло бы совпасть с таким состоянием пространства-времени, которое отвечало бы основному условию живого вещества, стериически левому проявлению его в атомных структурах и отсутствию в нем стериически правых кристаллических структур.

Новый пересмотр этого явления позволяет еще более утвердительно поддерживать высказанную мной в 1938–1939 гг. гипотезу о характере живого вещества и критически отнестись к моему предположению 1931 г. о причине диссимметрии. Допускавшиеся мною тогда представления о том, что она могла создаться путем одновременного совпадения ее с образованием Луны из вещества, которое занято теперь впадиной Тихого океана, мне кажется, должны отпасть, так как открылось геологическое явление, эмпирически точно установленное, которое сомнений не возбуждает и логическим следствием которого является геологический характер Тихого океана без всякого отношения к Луне (см. § 77, 78).

Геологи доказали отсутствие континента на месте Тихого океана с начала кембрия, по крайней мере, и отсутствие осадочных пород, которые могли бы образоваться из его илов на всем протяжении стратисферы. Раз этого не было, не может быть под ним гранитной оболочки, а будет подгранитная оболочка на более высоком уровне, чем под другими океанами.

С другой стороны, особое значение Тихого океана сейчас чувствуется еще глубже, чем это было одиннадцать лет тому назад, и я вынужден положить его, как видит читатель, как основу геологической структуры нашей планеты, чего я не мог сделать в 1931 г. Я думаю, что натуралист должен здесь останавливаться в своей научной фантазии и должен оставить эту проблему,

как и многие другие, будущим ученым. Он не должен забывать, как это ярко выразил в конце своей жизни Ньютон, что для массы вопросов, которые он может ставить и предчувствовать, он является мальчиком, строящим на морском песке детские постройки вместо грандиозных проявлений реальности. Пройдут поколения, и другие решат их, снова очутившись мальчиками перед новыми вопросами, перед ними возникшими. В ноосфере для данного поколения есть предел, «его же не пройдеши».

146. Верхняя часть биосферы, наш воздух, *тропосфера*, есть единственная ее геосфера, охватывающая весь земной шар и являющаяся химически единой (если не считать стратосферу) (см. § 97). Она простирается до 12–15 км над уровнем геоида до поверхности инверсии Тейссеран де Бора, которая является верхней границей тропосферы и нижней границей стратосферы [3]. Граница эта вечно колеблется. В общем температура все время понижается вверх от уровня геоида до поверхности инверсии Тейссерана де Бора, где достигается минимум. По последним исследованиям, она понижается на 0,6 °С на каждые 100 м подъема. У поверхности инверсии температура может достигать ниже –90 °С, при дальнейшем подъеме начинается относительно быстрое повышение температуры.

Нижняя граница тропосферы различна на суше и на границе с водными бассейнами, как самыми мелкими, реки, ручьи, так и на границе с океанами и морями. Здесь мгновенно создается и непрерывно выдерживается в геологическом ходе времени изменение физико-химического и химического характера тропосферы. На суше она меняет свой химический состав, теряет кислород на небольшой глубине и переходит в газообразную подземную тропосферу иного состава. Граница резкая и выражается кислородной поверхностью (названной мною так в 1933 г.), характерной частью коры выветривания (см. ч. I, § 51).

Кислородная поверхность состоит из водных растворов, частью капельно-жидких, частью пленчатых.

В областях вечной мерзлоты и ледниковых покровов эти явления резко нарушены. С точки зрения биосферы это области, непроницаемые для жизни, кроме латентного состояния, в наше время (конец ледникового периода) постепенно исчезающие.

За кислородной поверхностью кислород быстро сходит на нет, это верхняя граница *подземной тропосферы*.

В водоемах состав газов тропосферы меняется, она переходит в водную тропосферу. При соприкосновении с водой газы ее, как говорят, растворяются, причем кислород растворяется больше азота. В действительности это – проникновение газов (см. § 150). Последствия этого для жизни огромны. Образуется *водная тропосфера* – область количественно максимального развития живого вещества (см. § 148). На этом термодинамическом фоне идет непрерывное движение воздушных масс, которое приводит в общем к тому, что химический состав ее для химических основных частей постоянен.

Газы тропосферы находятся в вечно идущем турбулентном движении, пронизаны ветрами, которые их перемешивают, и в конце концов получается малоколеблющийся, средний состав тропосферы, сложившийся в миллиарды лет, независимый от географической точки, откуда берется воздух для анализа, особенно в верхних ее частях.

Надо иметь в виду, что в последнее время все накапливаются наблюдения, которые указывают на механические движения разреженных газовых масс – ветров, далеко идущих ввысь, в стратосфере, чем объясняется постоянство отношения кислорода O_2 к азоту N_2 и в стратосфере.

В табл. 19 (см. § 154) дается сводка нашего знания о химическом составе тропосферы. Ясно, что тропосфера содержит все или почти все химические элементы, но состояние наших знаний в этой области чрезвычайно неудовлетворительно и требует организованной работы для получения новых данных, что, я надеюсь, в скором времени будет сделано. Характерной чертой является резкое преобладание в составе тропосферы двух газов исключительного значения, которое выдерживается во всех газовых оболочках нашей планеты. Такой атмосферы мы не видим ни на одной из планет.

И оба этих газа являются основными для строения живого вещества. Это кислород и азот. На других планетах кислород с точностью не доказан, хотя весьма вероятно его нахождение на Марсе и на Венере. Но на нашей планете количество его исключительно велико.

Кислород и азот – оба эти газа – играют самую первостепенную роль в строении живого вещества. Кислород необходим для дыхания огромного большинства организмов. Азот является основным элементом протоплазмы, так как входит в состав белков, без которых нет живых организмов (см. § 140–142).

Не меньше значение и кислорода, без которого тоже нет протоплазмы. Но, больше того, жизни нет без воды, главную массу которой составляет кислород. Если бы в стратосфере не было этих двух газов, на нашей планете не могла бы существовать мощная оболочка – биосфера, которая нигде на других планетах в таком виде не существует. Жизнь (на Марсе и на Венере), которая там проявляется, отвечает, скорее, подземной атмосфере нашей планеты. Но этот вопрос так мало обращал на себя реального внимания, что мы можем встретиться с неожиданностями.

В общем чрезвычайно характерно для тропосферы, что отношение кислорода и азота O_2/N_2 не зависит от уровня геоида и неизменно идет до поверхности инверсии Тейссерана де Бора и дальше, в разреженную газовую массу стратосферы, в объемных процентах –21/78, в весовых –23/75,5 [4]. Колебания наблюдаются только во втором десятичном знаке. Анализ воздуха с высоты 14 км, произведенный знаменитым английским химиком Рамзаем в 1915 г., впервые показал это постоянство состава воздуха, и последние исследования Регенера, относящиеся и к стратосфере, полностью подтвердили это [5].

Факт постоянства отношения O_2/N_2 в тропосфере, независимого от высоты над уровнем геоида, явился совершенно неожиданным. Этими наблюдениями сводится на нет столетия существовавшее представление о зависимости состава воздуха от силы тяготения и теряет свое значение теоретически вычисленная на основании явлений тяготения формула Лапласа. Предполагали, что кислород исчезает кверху, так как он более тяжелый, чем азот. Точное наблюдение и количественное определение этих величин имеют сейчас большое научное значение, и должно быть организовано систематическое их изучение.

Мы знаем сейчас, что подавляющая масса кислорода – O_2 есть создание земной хлорофилльной растительности¹, и больше чем вероятно, хотя это не может считаться окончательно доказанным, что азот – N_2 создается в подавляющей своей части или целиком в подземной тропосфере и в планктоне океанов и водных бассейнов суши, в обоих случаях деятельностью грибов и бактерий [8]. Постоянство состава тропосферы связано со сложными физическими и химическими независимыми друг от друга геологическими процессами, а не только с турбулентностью воздуха, как указывают метеорологи. Основными процессами являются здесь следующие:

1. Образование хлорофиллом свободного кислорода или в надземной тропосфере, или в планктоне водных бассейнов. В последнем одновременно образуется как кислород из хлорофилльной растительности, так и биогенный азот; в меньшей мере те же процессы наблюдаются в саргассовых сгущениях океана и в скоплениях хлорофилльной растительности в шельфах.

2. И азот – в меньшей степени – и кислород выделяются непрерывно из газовых струй или из подземных минеральных источников. Кислород в этих источниках проходит длинную историю и попадает туда из тропосферы. Азот в значительной части создается вновь подземной флорой грибов и бактерий.

3. Непрерывное поглощение кислорода в процессах дыхания, в том числе и хлорофилльных растений (в темноте); в меньшей степени поглощается свободный азот живым веществом – низшими грибами и бактериями, частью в симбиозе с высшими растениями.

4. Четвертым процессом является поглощение кислорода и азота косным веществом в процессах окисления, идущих в огромных размерах. Для азота этот процесс идет реже, например, в вулканических извержениях, когда он поглощается из атмосферы во время вулканических извержений лавами, давая нитриды железа. Азот непрерывно в атмосфере дает соединения – нитраты и нитриты, во время гроз, а кислород дает в этих условиях озон и перекись водорода. Роль тех и других в балансе биосферы и в истории живого вещества огромна, несмотря на их численное небольшое количество.

5. Наконец, пятое явление, которому часто придают первостепенное значение метеорологи, но которое в действительности является только одним из факторов постоянства тропосферы – это постоянное перемешивание воздушными течениями, главным образом турбулентными движениями, воздушных слоев тропосферы.

Постоянство отношений, сохраняющееся в пределах второй десятичной, есть характерное постоянство геологических оболочек, *проявление их организованности* (см. ч. I, § 85).

К сожалению, наши знания о составе верхних частей тропосферы в данный момент являются случайными или недостаточными. Характерной чертой

¹ Исследования, производимые Биогеохимической лабораторией [6], доказывают, что этот кислород содержит больше изотопа ^{18}O , чем кислород морской и пресной воды в биосфере. Как показали астрономические наблюдения спектра поглощения атмосферы, в ней тоже находится увеличенное количество изотопа ^{18}O . Числовые отношения $^{18}O/^{16}O$ для тропосферы точно еще не выяснены. Астрономические наблюдения спектра всей свободной атмосферы планеты, в том числе и тропосферы, дают ^{18}O – 1/500 часть атомов всего кислорода, т.е. 0,2% атомов тяжелого кислорода [7]. Эта основная константа планеты должна быть точно определена.

этого состава является чрезвычайная территориальная изменчивость, распространяющаяся на сотни тысяч кубометров, паров, жидких капель воды и снежинок, плавающих в тропосфере, количественный состав которых обычно не учитывается, но, несомненно, в общем составе тропосферы равняется нескольким процентам по весу. Они играют первостепенную роль в явлениях жизни, которая сама, в среднем, состоит из десятков процентов по весу воды. В тропосфере средний процент воды, вечно подвижной в форме туч, туманов, метеоров, и влажности, благодаря непрерывному переходу в твердое и жидкое ее состояния, в жидкие капельки и кристаллы и в водяные пары, ярко характеризует тропосферу как водную оболочку. Области сухие, лишённые капельно-жидких и твердых ее разновидностей и содержащие только водяные пары, дающие нам впечатление сухого воздуха, занимают в кубометрах меньше пространства по сравнению с обычным воздухом и долго удерживаются только в пустынных местностях и над областями вечного снега и льда [9].

147. Прежде чем идти дальше, надо обратить внимание на одно огромное явление, нами сейчас даже теоретически неразгаданное, генетически тесно связанное, как это, по-видимому, вытекает из фактов с капельно-жидким и, может быть, ледяным состоянием воды в тропосфере. Это создание *электрического поля Земли* [10]. Надо иметь в виду, что для массы газа, которую представляет из себя тропосфера, связь с веществом Космоса, в частности Солнца, гораздо более значительна, чем мы думаем. Полярные сияния, связанные с проникновением в нашу планету электронов Солнца, наблюдались, правда редко, на высоте двух километров от уровня геоида [11].

К сожалению, специальные наблюдения над этим не организованы, но в ходе геологического времени это явление не может быть оставлено без внимания. Мы здесь опять видим такое же динамическое равновесие, как в распределении водных масс тропосферы.

С одной стороны, оно связано с той ионизацией, которая вызвана быстро исчезающими, но постоянно создающимися изотопами эманация – радоном, торонем и актиноном¹. Находящиеся в немногих атомах в кубическом сантиметре воздуха, они являются очень видным фактором в создании основного электрического поля нашей планеты. Ближе к Земле, по-видимому, независимо от него, выступает другое явление, к научному охвату которого мы только что подходим, несмотря на огромную работу, начиная с XVIII в. Электрическое поле тропосферы может быть пока охарактеризовано только в общих чертах и отнесено к некоторому среднему состоянию тропосферы, к «хорошей погоде», – термин, удобный для сравнения, так как это поле вечно изменчиво. Причина его, кроме общего положения о связи с капельно-жидкой водой атмосферы, нам не ясна. Смотри извне, со стороны Космоса, на Землю, потенциал нашей планеты в среднем представляется нам отрицательным и порядка миллиардов вольт.

Средний градиент электрического поля вблизи земной поверхности, в условиях «хорошей погоды» обыкновенно равен 50–300 В/м при направлении градиента в сторону земной поверхности. В среднем общий отрицательный электрический заряд Земли близок к величине 600 000 Кл.

¹ С ходом геологического времени они все переходят в устойчивые разности – изотопы свинца.

На Землю при «хорошей погоде» идет из тропосферы ток (положительный), который достигает тысяч ампер. Такой ток теоретически мог бы уничтожить весь отрицательный заряд Земли в течение 10 мин. Очевидно, существуют какие-то процессы, которых мы не знаем или не понимаем.

Одним из основных выражений электрического состояния тропосферы является ее грозовой режим. Одновременно в ней непрерывно идет около 1800 гроз в той или иной местности, а число молний в секунду достигает 100. Грозы распределены территориально различно, максимум в тропиках, в некоторых местах тропической Африки до 200 в год, а у нас на побережье Каспийского моря 5–10 гроз в год. В Арктике в среднем один грозовой день приходится на 10 лет [12].

Огромное значение в ионизации воздуха играют, как указано, радиоактивные элементы, главным образом в своих газообразных изотопах – радона, торона, актинона, причем для последнего мы не имеем достаточно данных для понимания количественного его значения. Поправка на это, которую нужно будет сделать, может оказаться и немалой.

Кроме радиоактивных ионизаторов, играют большую роль космические излучения, которые в конце концов оказываются для нашей планеты в целом для ее объема наиболее важными, так как исключительно ими создается ионизация над океаном и в высоких слоях атмосферы (см. ч. I, § 19–20). Ионизация под действием этих космических проникающих излучений растет с высокой до 7 км быстро, а потом все медленнее и медленнее. Для нижних слоев атмосферы над сушей на 1 см³ воздуха создается 9,5 пар ионов в секунду. На космическую радиацию из них приходится 1,5 пары иона. Над океаном на высоте 7 км количество этих последних парионов равняется 17, а на высоте 9 км – 23 пары. В конце концов, космическая радиация является единственной господствующей для всей планеты. Для радона главное значение имеют α -лучи, ториевая эманация (торон) отвечает в воздухе около 60% радиевой эманации (радона). Всего радиоактивные ионизаторы воздуха дают 4,9 пар ионов. Радон почвы, главным образом γ -излучения, дает 3,1 пары ионов. Наше понимание ионизаторов тропосферы все увеличивается. Числа, которыми я пользовался, – сводка проф. Оболенского 1939 г., к ней нужно внести поправки, она уже устарела [13].

148. Тропосфера имеет сложное строение, на что геологи и географы не обращают достаточно внимания. Мы можем различать для нее три разные, непрерывно исчезающие и возобновляющиеся на нашей планете формы ее проявления. Между ними существует динамическое равновесие (см. § 151).

Это наземная, подземная и подводная тропосферы. Наземная и подземная тропосферы являются газовыми оболочками. Подземная резко отличается от наземной основной тропосферы, нам всем известного воздуха, своим химическим составом и тем, что в ней больше механически захваченных взвешенных посторонних частиц (аэрозолей) (см. § 51). Так как кислород на нашей поверхности образуется в подавляющей своей части хлорофилльным процессом только на свету, в определенных пределах лучистой энергии, в определенной части видимого спектра, то количество его в подземной тропосфере должно быстро уменьшаться благодаря тому, что световые лучи все меньше проникают в глубину, и через сумерки мы переходим в темноту. В конце концов кислород должен был бы совершенно исчезать.

Создающаяся всюду граница нахождения свободного кислорода, названная мною *кислородной поверхностью* (см. § 51), играет огромную роль в химических процессах и в биологических процессах биосферы, определяя различные их области [14]. Она фактически охватывает всю сушу и острова. Ниже кислородной поверхности тропосферы господствующие газы (т.е. содержащиеся в ней больше 1% по весу): N_2 , O_2 , H_2O – заменяются другими – N_2 , CO_2 – создание жизни, H_2S .

В более глубоких частях появляются углеводороды. Это все биогенные газы. К сожалению, количественные данные здесь незначительны. Нижний уровень кислородной поверхности лежит обыкновенно в почве, временами в подпочве. Я не буду здесь останавливаться на форме поверхности свободного кислорода, так как она не идет глубоко внутрь планеты, но не могу не указать, что она и недостаточно изучена, и, возможно, окажется более важной, чем мы это думаем.

Можно все же утверждать, что вся кора выветривания (см. § 51), иногда мощностью в несколько километров, проникнута не тропосферой, а подземной тропосферой, которая химически является резко иным телом. На суше тропосфера проникает на глубину нескольких километров, по наблюдениям спелеологов – исследователей пещер. Здесь в карстовых областях она меньше меняется по своему составу, так как находится в связи с наземной тропосферой, но, несомненно, путем капиллярных трещин в водных растворах и в порах пород она проникает невидимо для нас (даже и не в виде «атмосферы» в нашем понимании, так же как и подводная тропосфера) на десятки километров, может быть, местами и больше. Явление это не изучено.

149. Начинает выясняться сейчас новое явление, которое связано со своеобразным генезисом в глуби геохор свободного кислорода O_2 . Воды нефтяных месторождений богаты радием и мезоторием I; по-видимому, это общее явление. Их количество так велико, что они являются источником добычи радия и мезотория I, в сущности, неисчерпаемым.

Оба эти изотопа непрерывно выделяют α -излучения, т.е. ионизированный гелий. Эти излучения неизбежно вызывают распадение молекул воды с выделением свободного кислорода и свободного водорода. В окрестностях Баку в нефтеносных водах буровые скважины дают в течение многих лет пурпурную воду. Исследования, произведенные сперва Милианц и Рейнфельд в Баку, показали присутствие в этих водах пурпурных бактерий групп *Thiorhodaceae* и *Athiorhodaceae*, которые для своей жизни требуют небольшого количества свободного кислорода.

Этот факт был подтвержден в чистых культурах проф. Б.Л. Исаченко, и этим путем можно считать доказанным разложение частиц воды с выделением свободного кислорода O_2 , вероятно, в незначительном количестве, которое местами сейчас же используется для жизни. Проф. Исаченко правильно признает эти бактерии за автохтонные, глубинные, живущие на глубинах до двух километров, по крайней мере [15]¹.

¹ Исаченко Б. Сб., посвященный В.Л. Комарову. М.; Л., 1939. С. 325: «В.И. Вернадский (1937) высказывает предположение, что под действием α -излучений радия и мезотория и продуктов их распада, неизбежно разлагающих определенное количество молекул воды на свободный кислород и на свободный водород, в водах должен находиться радиогенный свободный кислород. Так как это соображение весьма вероятно, то одновременное развитие здесь пурпурных и тионовокислых бактерий вполне допустимо».

И, с другой стороны, нельзя считать доказанным, что нет биогенного кислорода, который мог бы образоваться без хлорофилла даже на земной поверхности. В литературе есть указания, что при высыхании солевых озер в Сибири в соленой корке образуются пустоты, которые представляют из себя пузыри свободного кислорода. По-видимому, они связаны с жизнью инфузорий. Наша попытка получить нужный для исследования материал была неудачна, но, очевидно, нужно этот вопрос выяснить. Огромное явление – образование свободного кислорода в пузырях глубоководных рыб – призывает нас к осторожности (см. § 157).

150. Совершенно другое явление представляет из себя *подводная тропосфера*. Обычно она не учитывается как таковая. Считают, что газ *растворяется в воде*. Но это раствор – *sui generis*¹ – газ *проникает* в воду. Это явление было впервые выяснено безвременно скончавшимся молодым французским ученым Эме (Aimé, 1813–1846), профессором в Алжире, который первый доказал, что кислород проникает до дна моря, в данном случае Средиземного [16]. Позднейшие исследования доказали, что это есть общее явление огромного значения.

Для океана – гидросферы – ее подводная тропосфера резко отлична по микро-физической структуре от подводных тропосфер рек и озер суши: пресных, соленых и рассольных водоемов. Эти естественные – планетные – тела не обращали до сих пор на себя внимания вследствие того, что неясно нами понимается то обыденное явление, которое называется *газовым раствором* – стихийное проникновение в природные водные растворы газов земных атмосфер. Это яркое физико-химическое явление, зависящее от химического состава газа, но *ничего общего не имеющее с растворением, разрушающим твердые химические соединения*, соприкасающиеся с водными растворами и с теми «смешениями», которые наблюдаются в водных растворах жидкостей, связанных, однако, как известно, с резким изменением температуры и удельного объема, что указывает на глубокий физико-химический процесс, здесь имеющий место.

В планетном масштабе эти явления проявляются чрезвычайно своеобразно. И в геофизике, и в физической географии, куда относят эту область геологических процессов, господствует представление, мне кажется, не отвечающее современному уровню научной мысли.

Растворы газов, твердых и жидких тел в жидкости являются по существу разнородными явлениями, и в планетном масштабе они резко различно вокруг нас проявляются.

Тропосфера в зависимости от своего химического состава проникает каждый земной раствор до дна бассейна, в океане максимально на десять-одиннадцать километров глубины, причем – с поправками на температуру – *давление газового столба в природном водном растворе находится в зависимости только от давления газового столба тропосферы и от толщины газового столба в водном растворе*. В океане, например, оно будет выше уровня океана, т.е. будет отвечать весу надземной атмосферы, примерно одной атмосфере, соответственно, весу ее над уровнем геоида и весу того *газового столба*, который продолжается *неразрывно* с ней в толщу воды океана. Давление

¹ Своеобразный.

наземного и подводного газа таково, как будто бы воды вокруг него не было. Химический состав этого подводного столба меняется скачком по сравнению с химическим составом столба воздуха над уровнем океана.

Итак, «газовый раствор» в океане не зависит в глубине его от веса воды, в которой он растворен, он как газ проникает океан и давление его связано непрерывно с тропосферой вне воды, в которой он находится. Экспериментально такое обыденное явление воспроизвести очень трудно, пожалуй, и невозможно, это проявление упругих свойств планетной газовой массы. Но для океана – на самых больших глубинах его – давление газа исчисляется немногими атмосферами, в то время как давление воды в нем исчисляется в пределе до 11 000 атм.

Химическое различие разных газов воздушной надземной тропосферы проявляется при этом очень резко и связано с различными явлениями. Так, кислород и тяжелые газы воздушной тропосферы проникают в подводную тропосферу в значительно большем количестве, чем проникает в нее азот воздуха. Проникновение их всех есть функция температуры и химического их облика.

Для кислорода и для благородных газов – аргона, неона, криптона, ксенона – это особенно важно, так как их водные газовые растворы (т.е. подводные тропосферы) являются исключительно большими их концентраторами в земной природе.

Для кислорода мы имеем дело с молекулой O_2 , связанной непрерывно с такими же молекулами наземной тропосферы. Для благородных газов идет химический процесс, связанный с образованием их гидратов [17].

Для кислорода и углекислоты это стихийное проникновение их газовых масс в водные растворы Земли имеет первостепенное значение в истории живых организмов на нашей планете, так как оно создает среду, более богатую кислородом и угольной кислотой, чем газовая среда планеты. Этим обуславливается концентрация живого вещества в океане на большую глубину от уровня геоида, чем это имеет место на суше. Главная масса живого вещества планеты сосредоточена в океане. Численного выражения этого явления мы пока не имеем.

Для углекислоты явление усложняется еще тем, что в термодинамических условиях глубин океана в придонных областях мы имеем дело не только с газообразной угольной кислотой, но и с жидкой и с твердой. Возможно то же самое явление и для гидратов благородных газов. К сожалению, эти процессы недостаточно обращают на себя внимание, и здесь, помимо научного наблюдения, необходима систематическая постановка опытов.

Область химии океана в океанографии излагается обыкновенно неверно и требует переработки. Она более сложная, чем это обычно считается. Химия океанов отстала от их физики и требует коренной перестройки и новых наблюдений. Я думаю, что при этом могут открыться чрезвычайно важные геохимические и биогеохимические явления.

Кислород из воздуха проникает в виде молекул O_2 в воду пресную, соленую и рассольную на суше в большем количестве, чем азот в виде молекул N_2 , и в пресную воду больше, чем в соленую, и в соленую воду больше, чем в рассольную. Таким образом, в подводной тропосфере меняется отношение между кислородом и азотом. Эти воды суши, особенно пресные, являются концентраторами благородных газов на нашей планете.

Подводная тропосфера океана непрерывно охлаждается, достигает минимума температуры на дне (см. § 152), где температура спускается ниже нуля на 1–3 °, температура подземной тропосферы постепенно повышается с углублением в сушу, различно в разных местах суши, но неуклонно везде, причем на небольших относительно глубинах (единицы и десятки километров) достигает температуры кипения воды (на уровне геоида – 100 °С при 0° и 760 мм давления). Температура на суше и на том же среднем уровне геоида на глубине 3,8 км достигает нескольких десятков градусов и в гранитной оболочке достигает +100 °С на глубине 4–5 км [18].

Очень часто, особенно геофизики и геологи, без всяких научных на то оснований, допускают, что этот процесс идет до центра Земли, и получают этим путем цифру около 100 000° как температуру Земли. Мы видели (см. ч. I, § 104), что это научная фантазия.

К сожалению, необходимые геотермические наблюдения, имеющие огромное практическое значение, можно сказать, государственное, что ясно для всякого геолога – у нас поставлены недопустимо плохо. Существовавшие при Геологическом комитете, они прекращены, и употреблявшаяся аппаратура не используется. Это уничтожение произошло несколько лет тому назад одним из лиц, стоявших во главе Геологического комитета, перешедшего потом на другую «работу». Возобновленный в 1939 г. центр геотермической работы при Геологическом отделении Академии наук фактически не вошел в жизнь и находится сейчас в стадии анабиоза. Такое состояние дел, конечно, недопустимо.

151. Нельзя не подчеркнуть еще одного явления, характерного для океанов, морей и глубоких озер. В них мы имеем жидкости, которые мы не можем искусственно воспроизвести в наших лабораториях.

В сущности, например, океан и тропосфера как два тела, отдельно существующие, есть фикция. Мы в действительности имеем дело со своеобразной организованностью биосферы, с естественным планетным телом, которое мы не можем разделить без его уничтожения. Мы имеем дело здесь с единым определенным планетным динамическим равновесием:

Тропосфера ⇔ океан ⇔ подводная тропосфера.

152. На поверхности океана температура его очень различна. Она достигает ниже 0 °С на полюсах и более или менее правильно повышается к экватору, где достигает, максимум, десятков градусов.

В вертикальном разрезе можно заметить, что она распределена очень неоднородно, имеет слоистое строение, причем холодные слои различно в различных океанах чередуются со слоями более теплыми. Но наблюдается, что ко дну океана скапливается холодная вода большой мощности, более тяжелая: температура ее от 0,5 до –3,0 °С. Вся вода в океане находится в вечном движении, но эти движения идут резко ограниченными массами; происходят как бы скольжения масс, морские течения.

Явления, здесь наблюдаемые, должны еще более усложняться благодаря тому, что в подводной тропосфере в морских илах только в небольшом тонком поверхностном слое – *пелогене* [19] мы находим тонкую пленку, богатую кислородом. Дальше вглубь кислород заменяется угольной кислотой, а углекислота имеет критическую температуру, равную +32 °С, т.е. выше этой

температуры может существовать только в газообразном состоянии, а ниже может находиться иногда в преобладающем количестве, в жидком или твердом состоянии в связи с температурой и давлением. В газообразном состоянии она будет неустойчивой, особенно это будет тогда, когда влажный ил воды будет изолирован от подводной атмосферы, что должно происходить постоянно при биогенном происхождении иловой угольной кислоты. Нельзя забывать и тех химических изменений, которые идут с угольной кислотой при ее «растворении» (см. § 150).

В этой обстановке угольная кислота будет находиться под давлением нескольких мегабар, и жидкая, а не газообразная угольная кислота будет играть основную роль. Здесь могут иметь место неустойчивые равновесия, а глубина океанического ила может доходить до десятков, если не до сотен метров.

При небольшом уже давлении CO_2 при температуре 0°C переходит в жидкую угольную кислоту и при более высоком может находиться и в твердом состоянии.

На суше, при разбурировании углекислых газовых струй, при охлаждении угольной кислоты, вследствие внезапного уменьшения давления ее при выходе на поверхность, когда она расширяется внезапно, она выпадает в виде углекислого дождя или углекислого снега. Местами это явление принимает грандиозный характер [20].

В океаническом иле с температурой ниже нуля, когда быстро исчезает свободный кислород и переходит в угольную кислоту благодаря дыханию низших организмов, выделение жидкой угольной кислоты должно происходить одновременно с превращением свободного кислорода в угольную кислоту или в случаях, когда она изолирована от морской воды [20]. Мы не знаем, до какой глубины понижается температура океанического ила. Мы имеем только разные гипотезы, которые не могут считаться пока объяснениями. Одной из наиболее распространенных гипотез является гипотеза Цёппритца [21]. По мнению Цёппритца, это явление – низкая температура морского дна – сложилось в связи с тем, что холодная вода полюсов, благодаря морским течениям и большему своему удельному весу опускается на дно, и в течение геологического времени захватила всю донную воду океана. Это есть, скорее, рабочая гипотеза, численно до сих пор не проверенная, но, по-видимому, возможная. Поверхностное холодное течение арктической и антарктической воды, доходящее до экватора и дальше – есть реальный факт.

153. Наши знания о химическом составе тропосфер – водной, иловой, воздушной и подземной – количественно известны лишь в общих чертах. Для тропосферы мы имеем наибольшее число точных количественных данных, но до сих пор оно захватывало только воду и благородные газы, азот, кислород и угольную кислоту.

Для них мы имеем точные данные. Очень мало затронута тонкая пыль и неизвестны ясные законы ее изменения в разные современные периоды существования тропосферы, в разные времена года и в разных местах воздушной оболочки. Благодаря постоянному перемешиванию газовых масс ветром мы имеем здесь в общем среднюю постоянную величину для этих газов, а для других имеем только отдельные случайные цифры.

Между тем в тропосфере, помимо газов (господствующей ее части), находятся мельчайшие жидкие и твердые частички, например капельки, видимые

иногда, соленой тонкой пыли, брызги океанической воды, потерявшие воду при высыхании, т.е. морские соли, постоянно находящиеся почти в каждом кубическом сантиметре морского воздуха при постоянном движении газовых масс. В тропосфере мы находим и твердую пыль, реже – жидкую. Пыль поднимается ветрами с земной поверхности, держится более или менее долгое время, а в рассеянном состоянии наблюдается всегда. Этим путем такого происхождения пыль поднимается не выше 4–5 км, согласно наблюдениям, сведенным А.В. Клоссовским (1846–1919) [22]. Это нижняя пылевая атмосфера Земли. Но, помимо этого, из небесных пространств достигает тропосферы космическая и вулканическая пыль другого химического состава.

Состав тропосферы мы должны учитывать так, как он есть. Мы можем сейчас утверждать, что *все элементы в закономерном, не случайном количестве всегда находятся в газовом или во взвешенном состоянии в воздушной тропосфере*. Количественные данные, к сожалению, существуют только для господствующих химических элементов и одной из основных задач, практически и научно чрезвычайно важных, является точное количественное определение *металлов*, которые играют огромную химическую роль в биосфере, и в этой роли перенос их с места на место через воздушную тропосферу имеет основное значение, что почти совершенно пока не учитывается. Нужны систематические весовые и объемные количественные определения в форме средних величин и пределов их колебаний для всех металлов.

154. Состояние наших знаний, даже для нашей цели неудовлетворительное, и выражено в табл. 19.

Из этой таблицы видно, что чрезвычайно мало данных о нахождении многих элементов, которые все, однако, должны быть в тропосфере. В ней же должны

Таблица 19

Химический состав тропосферы (сухой атмосферы)

Газ	Объемный %	Газ	Объемный %
Азот	78,09	Криптон	0,0001
Кислород	20,95	Ксенон	0,000008
Углекислый газ	0,03	Радон	$6 \cdot 10^{-18}$
Аргон	0,93	Метан	0,00015
Неон	0,0018	Водород	0,00005
Гелий	0,00052	Закись азота	0,00005

Пары воды – переменное количество.

Земная и космическая пыль – в 1 см^3 – над Атлантическим океаном 70–340 пылинок, на горах – 400–800, в открытом поле – 32 000–130 000.

Микроорганизмы и их споры – в 1 м^3 – около Парижа свыше 11 000 бактерий и около 200 грибов, на Монблане – от 4 до 11 бактерий.

Аммиак.

Окислы азота.

Озон 0,02–0,03 мг/м^3 .

Ртуть ~ 0,02 $\gamma/\text{м}^3$.

Иод ~ 1 $\gamma/\text{м}^3$ (переменно).

Для большинства остальных веществ мы можем указать лишь их верхний предел, нахождение выше которого для них невероятно, или дать случайные определения.

Примечание. В рукописи таблица отсутствует, редакцией приведены данные из других работ В.И. Вернадского.

наблюдаться ионизированные газы и газы радиоактивные, которые, несмотря на свое незначительное количество, играют огромную роль в биосфере.

155. Уже давно было замечено, что если мы исключим вулканические газы, то природные земные газы и газы, развивающиеся во время биохимических процессов, одни и те же. Это не случайное совпадение, а связано с ролью живого вещества в создании тропосферы (см. § 168). Можно сейчас утверждать, что наша тропосфера не есть астрономическое явление, т.е. связанное с всемирным тяготением, а есть создание живого вещества, имеет *биогенное происхождение для подавляющей массы своих газов* (см. § 177).

В природных земных газах мы имеем четыре различные по происхождению группы: 1) вулканические газы, 2) биогенные газы, 3) газы подземных газовых и водяных струй, 4) газы из космических пространств.

Во-первых, группа вулканического происхождения связана с вулканическими очагами, их извержениями и фумарольной их стадией.

Во-вторых, на всей поверхности планеты и во всей толще океана идет непрерывное создание газов жизненными процессами, тем мощным планетным явлением, которое мы называем *дыханием и питанием* – биогенной миграцией атомов 1-го рода (см. § 195). Основной процесс, здесь идущий, основан на фотосинтезе световых лучей Солнца в определенной части его видимого спектра.

В-третьих, непрерывно из десятков тысяч *газовых и водяных струй* и в форме *растворенных газов подводной атмосферы* – минеральных источников, газы попадают в тропосферу из верхних геологических оболочек планеты, в пределах от биосферы до метаморфической оболочки. В свое время [23] Э. Зюсс пытался связать этот последний источник газовой выделения, эти процессы выходов газовых (и водных) струй на земную поверхность в тропосферу с постепенным охлаждением планеты из некогда расплавленной массы, с ее дегазированием. Земля, как будто бы постепенно охлаждаясь, теряет первичные газы первых стадий своего существования в космическое пространство и сокращается в своем радиусе. Сейчас выясняется, что мы имеем здесь дело не с дегазированием, а с неизменно существующими в течение геологического времени динамическими равновесиями – синтеза газов на Земле и их ухода в космическое пространство.

В-четвертых, постоянный принос газов из космического пространства, который мы можем констатировать в ионосфере и выше (см. ч. I, § 96), по-видимому, достаточен для возмещения потери земного вещества, уходящего непрерывно в газообразном состоянии в космическое пространство.

156. Возвращаясь к *вулканическим газам*, мы имеем среди них, с одной стороны, обычные газы тропосферы, пары воды, CO_2 , N_2 , O_2 и благородные газы, которые, по-видимому, связаны с воздухом, с тропосферой, непрерывно захватываются во время вулканических, фумарольных и тектонических процессов и возвращаются в тропосферу. Но, помимо них, мы имеем здесь соединения металлов и металлоидов, которые являются газообразными при температурах вулканических извержений, превышающих $+1000^\circ\text{C}$, и превращаются в жидкие или твердые тела при охлаждении. Они быстро выходят из состава тропосферы и играют в ней ничтожную роль, в виде небольших примесей¹.

¹ К сожалению, как указано в предыдущей таблице, количественные точные данные в достаточном масштабе здесь отсутствуют.

Это, с одной стороны, свободные элементы, сера и селен, Те, Н, хлористые, фтористые, сернокислые, сернистые, селенистые металлы – Са, К, Na, Fe, Pb, Su, окислы бора и другие, имеющие меньшее значение. Но в составе тропосферы, взятой как целое, они могут играть только второстепенную роль. Количество действующих вулканов исчисляется в настоящее время немногими сотнями, порядка 500 или немного больше, не превосходит нескольких тысяч, если мы будем считать отдельные выходы, принадлежащие к одной и той же группе [24].

Количество газовых и водных струй исчисляется десятками тысяч, причем не принимаются во внимание их выходы в гидросферу.

Несомненно, в ходе геологического времени наблюдаются усиления и ослабления этого вулканического (в широком понимании) процесса. Мы видели (см. ч. I, § 36), что вулканические явления в своем максимуме предшествовали концу третичного, современному геологическому четвертичному (ледниковому) периоду, в котором мы живем. Они известны на всей истории геологического развития планеты, то усиливаясь, то ослабляясь, еще до кембрия.

157. На поверхности планеты, используя энергию Солнца, идут непрерывные биогенные процессы, которые создают основные химические составные части тропосферы – газы – O_2 , CO_2 . Главную роль здесь играют зеленые хлорофилльные растения, как для кислорода, так и для угольной кислоты. Процесс образования свободного кислорода связан с определенной частью солнечного спектра между 400 и 700 мкм.

Днем при солнечном освещении зеленая растительность, покрывающая планету и окрашивающая лик суши в зеленый цвет, в указанных пределах спектра создает этот фотосинтез свободного кислорода – O_2 из H_2O и CO_2 , основной биогенный процесс нашей планеты. Ночью выделяется угольная кислота. Угольная кислота выделяется, помимо этого, подавляющей массой нехлорофилльного живого вещества как на поверхности планеты, так и в областях подземной биосферы.

Другие природные синтезы свободного кислорода тоже биогенного характера имеют несравненно меньшее значение и в общем балансе исчезают. Это количества другого порядка по массе. С одной стороны, малоизученные выделения свободного кислорода некоторыми нехлорофилльными организмами [25], а с другой – выделение свободного кислорода в плавательных пузырях главным образом глубоководных рыб [26] (см. § 149). Свободный кислород создается и вне влияния жизни под влиянием ультрафиолетовых лучей в стратосфере и в верхних частях тропосферы, точно так же при радиоактивном распаде молекул воды, наблюдаемом всюду, где находятся в воде радий и мезоторий (см. § 149). Но все эти процессы меркнут перед количеством свободного кислорода, который создается хлорофилльной растительностью.

Свободный кислород тропосферы и его большие концентрации в подводных тропосферах, в том числе и в океане, непрерывно исчезает, так как является мощным окислителем, давая многочисленные химические процессы создания новых сотен богатых кислородом минералов выше кислородной поверхности, и создает живое вещество при процессах дыхания. Несмотря на эти мощные процессы, мы видим, что количество кислорода в тропосфере не уменьшается в течение геологического времени. *Отсюда можно сделать только один вывод, что фотосинтез зеленой растительности создает*

главную массу свободного кислорода тропосферы и непрерывно, сотни миллионов лет, поддерживает существующее динамическое газовое химическое равновесие тропосферы.

Это равновесие устанавливается, таким образом, биогенным процессом для кислорода и угольной кислоты. Но тот же процесс появляется последнее время и для третьей господствующей части тропосферы – для азота. Азот на нашей планете в главной своей массе находится в самородном состоянии в виде газа N_2 . Он входит как важнейшая составная часть в состав живых организмов, в сложные химические соединения их тел, белки и продукты их изменения, в промежуточные свободные соединения, нитраты и нитриты, в подавляющей части биогенного происхождения в океанической воде и в водах суши. Это все динамические равновесия. Местами эти соединения – нитраты – на суше образуют значительные скопления, быстро исчезающие там, где развивается хлорофилльная жизнь, т.е. там, где достаточно тепла и влаги. Но в сухих пустынных местах они скопляются в значительных массах и без вмешательства человека существуют веками. Человек все больше пускает их в химический круговорот, уничтожая сложившиеся в зоны лет запасы.

В биосфере азот соединяется с кислородом только при грозах, или с железом во время вулканических извержений в виде нитридов (соединения неустойчивые), и в виде нашатыря с водородом. Все эти соединения небιοгенного характера, окислы азота, селитры, нашатырь, в биосфере немедленно захватываются живым веществом как лучшее питание и удобрение. В глубоких водах при давлении больше тысячи атмосфер азот легко соединяется с водородом, давая аммиак [27], жадно поглощаемый живым веществом при выходе в биосферу (см. § 181). Но значительная часть, если не главная, азота газовых струй биогенного происхождения. В этом можно убедиться благодаря тому, что в нем отсутствуют благородные газы, которые всегда находятся в азоте воздуха (тропосферы). Уже первые исследователи этого подземного азота [28] выявили, что он является продуктом подземной жизни – азотвыделяющих бактерий, другие формы которых, вероятно, создают тот же процесс в грандиозном масштабе в воде океанов.

Биогенный азот образуется непрерывно, главным образом в планктоне океана и в меньшей степени в планктоне водоемов суши под влиянием денитрифицирующих бактерий. Этот процесс идет сильнее в холодных частях океана, чем под тропиками. Этот биогенный глубинный азот заменяет постоянно тот азот, который идет на создание живого вещества биосферы и поддерживает установившееся количественное равновесие.

Азот может переходить из верхних слоев свободной атмосферы, где, как видно по спектрам северных сияний, мы имеем азот, может быть, космического происхождения. Но азот такого происхождения едва ли может участвовать в земных реакциях в заметном количестве.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Молчанов П.А. Атмосфера. М.; Л., 1938. С. 38.
2. Вернадский В. Об условиях появления жизни на Земле // Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 198–210.
3. Teisseranc de Bort L. // C. r. sci. 1902. Vol. 134. P. 987; 1909. Vol. 148. P. 593; Assmann R. // Sitzber. preuss. Akad. 1902. Bd. 2. S. 495.

4. См. таблицу газового состава атмосферы, данную на с. 231.
5. Молчанов П.А. Атмосфера. М.; Л., 1938. С. 54; Regener E. Oxygene contents of the stratosphere // Nature. 1936. Vol. 138.
6. Виноградов А.Л., Тейс Р.В. // Докл. АН СССР. 1941. Т. 33, № 9. С. 497.
7. Ссылка отсутствует, см. комментарий 69.
8. См.: Омелянский В.Л. Основы микробиологии. 9-е изд. М., 1941. С. 206, 227–230 (Васт руссуанеум, Васт. denitrificans, Nitrosomonas – Виноградский; Nitrobacter – Виноградский и др.).
9. Асейкин Р. (Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1938. № 1. С. 60) говорит: «Благодаря термокаталитическому действию пыли зона пустынь служит как бы котлом, где происходит интенсивный прогрев воздушных масс».
10. Оболенский В.И. Метеорология. М., 1939. Ч. II. С. 380–381.
11. Перевалов В. // Природа. 1940. № 8.
12. Я пользуюсь здесь хорошей сводкой М. Бака и Н. Николаевской (Природа. 1940. № 12).
13. Оболенский В.И. Указ. соч. С. 295.
14. Первое указание о кислородной поверхности было сделано мною в 1912 г.: Вернадский В. Опыт описательной минералогии. Т. 1. Самородные элементы. Вып. 4. СПб., 1912. С. 624; дальше: История минералов земной коры. Л., 1927. Т. 1, вып. 2. С. 223–224; 1933. Т. 2. История природных вод. Ч. 1, вып. 1. С. 124–125. Очень ярко высказал эту мысль Гоппе-Зейлер: Hoppe-Seyley F. Über die Einwirkung der Sauerstoffe fut Gährungen Sr., 1811. S. 25.
15. Исаченко Б.Л. // Сборник к 70-летию со дня рождения В.Л. Комарова. М.; Л., 1939. С. 325–330. Б.Л. Исаченко говорит: «В.И. Вернадский (1937) высказывает предположение, что под действием α -излучения радия и мезотория и продуктов их распада, неизбежно разлагающих определенное количество молекул воды на свободный кислород и на свободный водород, в водах должен находиться радиогенный свободный кислород. Так как это весьма вероятно, то одновременное развитие здесь пурпурных и тионовокислых бактерий вполне допустимо».
16. Aimé H. // Ann. chim. et phys. Ser. 3. 1843. Vol. 7. P. 502; Recherches de phys. gen. sur la Méditerranée. P., 1845. P. 106. (Exp. Scient. de L'alg. Physique).
17. Хлопин В.Г., Никитин Б. // Докл. АН СССР. А. 1939. № 15. С. 393–398.
18. Leaston Adams (Sci. Month. 1937. Vol. 44, March. P. 201) указывает, что наивысшая $t = +118$ °C наблюдалась в Калифорнии на глубине 9000 ф., т.е. 2,74 км.
19. Ссылка отсутствует.
20. Вернадский В. О поле устойчивости жидкой углекислоты в биосфере // Докл. АН СССР. А. 1931. № 11. С. 287–295.
21. О теории Цёпритца см.: Клоссовский А.В. Основы метеорологии. Одесса. 1914. С. 340–344.
22. Клоссовский А.В. С. 30–31.
23. Suess E. Die Entstehung der Alpen. 1895.
24. Ч. Дарвин, описывая вулканы Галапагосского архипелага, указывает, что число побочных кратеров на склонах крупных вулканов достигает 2000 (Darwin Ch. A naturalist's voyage round the world. 2nd ed. 1928. P. 377). Новое русское издание: Дарвин Ч. Путешествие на корабле «Бигль». М.; Л., 1935. С. 305.
25. Лебедев А.Ф. Исследование хемосинтеза у *Vacillus hydrogenes*. Одесса. 1910. С. 37. А.Ф. Лебедев указывает, что организмы, строящие свое тело из минеральных субстратов без помощи солнечного луча, могут считаться первыми организмами Земли.
26. Более 100 лет тому назад Био показал, что газы плавательного пузыря глубоководных рыб обогащены кислородом, объемный процент которого может превышать 90%. В природе до появления культурного человека это были самые большие выделения свободного кислорода в чистом виде.
27. Basset J. // Bull. Soc. chim. France. 1935. Vol. 5. P. 117; Вернадский В. История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод. Л., 1934. Ч. 1, вып. 2. С. 268–287.
28. См. об этом статью В.В. Белоусова «О происхождении азота природных газовых струй» в сборнике, посвященном академику В.И. Вернадскому к пятидесятилетию научной и педагогической деятельности (1936. Т. 1. С. 345–360).

ОСОБАЯ РОЛЬ ГИДРОСФЕРЫ НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ

Особое положение гидросферы на нашей планете (§ 158). Живое вещество моря (§ 159). Океаническая и морская вода. Таблица 20. Элементарный химический состав морской и океанической воды (§ 160–162). Гидросфера – часть единой водной оболочки биосферы (§ 163). Рассеянные и радиоактивные химические элементы в водных растворах (§ 164). Правило Ромье: в биосфере вес всей океанической (и морской) воды равен весу суши над уровнем геоида (§ 165, 166).

158. Гидросфера. Всемирный океан с проникающей ее водной тропосферой, играет совершенно исключительную роль в биосфере. Он занимает 70,8% поверхности земного шара, по весу около 7–8% земной коры, $1,5 \cdot 10^{18}$ т [1].

Можно сказать, что он является характерной индивидуальной формой структуры для нашей планеты. Можно утверждать, что мы не имеем ничего подобного ни для одной из земных планет (см. § 177).

Чрезвычайно характерно, что он весь насквозь проникнут живым веществом, которое прямо или косвенно целиком определяет все химические свойства океана. В структуре планеты это самое мощное проявление живого вещества.

159. В океане – гидросфере – громадная масса воды безжизненна, но переполнена вечно двигающимися живыми существами, центрами огромных химических реакций. В ней можно различать также сгущения живых организмов, среди которых, вероятно, преобладают в конце концов по числу и по мощности своего влияния, микроскопические организмы – бактерии и грибы.

Однако три, по крайней мере, сгущения живого вещества другого типа могут быть отмечены. Одно из них – это планктон, покрывающий всю поверхность океана и идущий внутрь на десятки метров, в отдельных проявлениях – на сотни. Здесь преобладают организмы более высоких типов, чем грибы и бактерии.

Одноклеточные растения и животные, находящиеся друг с другом в равновесии, так как растения создают фотосинтезом вещество, которым питаются животные, составляют основу планктона. Среди животных преобладают ракообразные, их личинки, мальки и т.п.

Другим сгущением являются саргассовые «моря», состоящие главным образом из биоценозов, в которых преобладают высшие водоросли, являющиеся яркими центрами жизни и переполненные животной жизнью (в том числе есть и насекомые), и, наконец, третье сгущение – особенно на шельфах – это подводные леса и поля, состоящие, в отличие от суши, не только из растений, но и из животных, – *бентос*. В этих подводных лесах и полях сосредоточены огромные скопления животных, среди которых моллюски, брахиоподы, рыбы, актинозоа, гидроиды и ракообразные являются господствующими.

К бентосу могут быть отнесены области *приливов и отливов, мангровые леса* и т.п., выходы мощных рек, в частности, их дельты. Эти реки приносят в море огромные количества питательных веществ, создающих условия для благоприятного существования жизни в области шельфов. Здесь создаются

условия, благоприятные для образования в историческое и, еще резче, в геологическое время каустобиолитов.

В области шельфов, в относительно мелководных морях, вблизи мелей и берегов континентов, создаются богатые позвоночными, рыбами и морскими млекопитающими области сгущения живого вещества этого вида. Сейчас, когда человек захватил весь земной шар, приходится регулировать улов, так как средства истребления превышают природный прирост. Так же, как и на суше, но в меньшем масштабе, меняется видовой состав нужных человеку форм живой природы.

Отдельно должны быть поставлены другого рода сгущения, часто имеющие место в глубинных местах океана, но чаще всего вне глубоких частей, так называемые рифы – коралловые острова, резко развивающиеся в подтропической и тропической областях планеты. В этих коралловых областях мы имеем настоящие сгущения жизни, которые играют огромнейшую роль в геохимической истории кальция, углекислоты и частью магния [2]. Далеко не всегда кораллы играют в них преобладающую роль. Очень часто господствуют мшанки (бриоза), некоторые моллюски, богатые известью водоросли.

Эти отложения известны во всех геологических формациях, и, по-видимому, меняются в ходе времени в своей интенсивности. По-видимому, в эпохи усиления вулканизма (см. ч. I, § 35) наблюдается и ускорение интенсивности этих известковых образований. Неясно, не является ли увеличение магния в некоторых древних образованиях этого рода следствием позднейшего изменения, частью биогенного, под влиянием морской воды. Образования этого рода известны далеко в глубь времен, в докембрии, в археозое, что указывает на непрерывность жизни и примерную одинаковость условий ее нахождения в длительности больше миллиарда лет, по крайней мере.

160. Это единственная геосфера биосферы, химический характер которой относительно хорошо количественно известен для всех химических элементов. Мы должны здесь выделять два вида воды: 1) океаническую, 2) морскую.

Для главной массы океанов вода их мало колеблется в своем среднем составе, так же как и надземная тропосфера, с которой океаническая вода находится в непрерывной связи. Значительные области океанов никогда не бывали сушей, всегда были заняты водой; между тем как воды морей занимают теперешние шельфы, которые давно или недавно были сушей и теснейшим образом связаны с ней своим химическим составом и своей структурой. Это области, которые в геологическом времени постоянно переходили и переходят из одной стихии в другую. На карте глубин они выступают чрезвычайно резко. Эти процессы в области океанических вод идут более медленно или проявляются с большими перерывами.

В моря не только вливается огромный ток пресной воды, в виде метеоров, который не в меньшей мере вливается и непосредственно в океаническую воду, но непрерывно вливаются с суши многочисленные пресные реки и ручьи, с одной стороны, а с другой – подземные верховодки и, в меньшей, по-видимому, степени, подземные пластовые воды. Это последнее явление совсем не учитывается.

В то же самое время нельзя не учитывать огромное количество вод, связанных с подводными вулканическими извержениями и выходами минеральных

**Элементарный химический состав (в %) океанической и морской воды
(гидросфера)**

Океан		Моря		Океан		Моря	
Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Cl	2,1–1,7	Cl	2,2–1,5 ⁻⁴	Cu	1,4 ⁻⁵ –3,0 ⁻⁷	Cu	2,0 ⁻⁵ –9,0 ⁻⁶
Na	1,7–9,1 ⁻¹	Na	1,8–1,5 ⁻¹	Pb	10 ⁻⁵	Ba	1,9 ⁻⁵
O	2,0 ⁻¹ –1,1 ⁻¹	O	3,1 ⁻¹ –2,1 ⁻²	As	8,0 ⁻⁶ –2,0 ⁻⁶	Li	1,0 ⁻⁵
Mg	1,5 ⁻¹ –9,1 ⁻²	Mg	2,2 ⁻¹ –1,6 ⁻²	I	5,2 ⁻⁶ –5,0 ⁻⁶	As	2,5 ⁻⁶ –3,8 ⁻⁸
S	1,0 ⁻¹ –6,8 ⁻²	S	1,5 ⁻¹ –1,2 ⁻²	Ba	5,0 ⁻⁶	Mn	2,3 ⁻⁶
K	1,0 ⁻¹ –2,8 ⁻²	Ca	8,6 ⁻² –5,9 ⁻³	Mn	4,0 ⁻⁷	Mo	2,0 ⁻⁷
Ca	6,4 ⁻² –3,8 ⁻²	K	6,6 ⁻² –3,3 ⁻³	Se	4,0 ⁻⁷	Au	1,0 ⁻⁷
Br	7,1 ⁻³ –4,2 ⁻³	Br	5,3 ⁻² –2,2 ⁻⁴	U	2,0 ⁻⁷	Ni	1,0 ⁻⁷
C	4,8 ⁻³ –2,6 ⁻⁴	C	6,6 ⁻³ –1,6 ⁻⁴	Cs	2,0 ⁻⁷	Ra	n^{-12} – n^{-14}
N	2,3 ⁻³ –1,0 ^{-5*}	N	2,3 ⁻³ –1,0 ⁻³	Ag	n^{-7} – n^{-9}		
Rb	1,4 ⁻³ –2,0 ^{-5*}	Rb	1,6 ⁻³ –2,9 ⁻⁴	V	10 ^{-7*}		
Sr	1,4 ⁻³ –1,3 ⁻⁴	Si	9,4 ⁻⁴ –1,4 ⁻⁶	Ni	10 ^{-7*}		
Si	8,0 ⁻² –2,2 ⁻⁶	P	5,8 ⁻⁴ –1,3 ⁻⁷	Mo	10 ⁻⁷		
P	5,3 ⁻³ –5,0 ⁻⁴	H	3,9 ⁻⁴ –8,5 ⁻⁵	Au	4,5 ⁻⁸ –4,0 ⁻¹⁰		
Fe	5,5 ⁻⁴ –5,0 ⁻⁶	J	2,4 ⁻⁴ –2,0 ⁻⁶	Ce	4,0 ⁻⁸		
Al	5,2 ⁻⁴ –2,0 ⁻⁵	Zn	3,8 ⁻⁴ –2,0 ⁻⁷	La	3,0 ⁻⁸		
B	4,6 ⁻⁴ –4,0 ⁻⁴	Fe	3,0 ⁻⁴ –4,0 ⁻⁷	Y	3,0 ⁻⁸		
Zn	3,1 ⁻⁴ –1,0 ⁻⁷	F	3,0 ⁻⁵	Se			
H	2,8 ⁻³ –3,0 ⁻⁴			Hg	3,0 ⁻⁹		
F	1,0 ⁻³ –2,4 ⁻⁴			Ra	1,0 ⁻¹² –1,6 ⁻¹³		
Li	1,7 ⁻⁵ –7,0 ⁻⁶						

* По данным Биогеохимической лаборатории АН СССР.

Найдены еще Bi, Ge, Ti, W, Su, Ga, Zr, Ms, Th.

Газы: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.

источников, может быть [3], на всем протяжении морского и океанического дна. Это должно вызывать химическое развитие морской и океанической воды. Вдали от континентов этот процесс, по-видимому, идет гораздо сильнее.

Океан принадлежит к группе соленых вод, между тем как морские воды иногда являются рассолами (например, Красное море) или полупресными (например, Азовское море), т.е. имеют резко иную концентрацию, меньшую или большую, чем в среднем мало меняющаяся в составе вода океана. Переход бывает иногда довольно резкий.

161. Пределы колебаний элементарного состава океанической и морской воды могут быть выражены следующими цифрами, приведенными в табл. 20.

162. Состав океанической воды очень часто ошибочно рассматривают как результат накопления речных вод, которые заполняют непрерывно в течение миллиардов лет океанические впадины, куда они впадают. Достаточно,

однако, сравнить порядок распространенности отдельных химических элементов, их процентное увеличение или уменьшение в океанической и в речной воде, чтобы убедиться, что они прямо противоположны. Это два разных типа воды. Наоборот, при сравнении воды океана с составом фумарол наблюдается чрезвычайное сходство.

Уже первые исследователи – химики вулканов и морской воды – уловили эту связь и пытались объяснить это сходство рабочей гипотезой, что вулканы образуются благодаря проникновению морской воды в расплавленную магму (Доубени) [4]. Этому способствовало и то явление, что большинство вулканов, ныне действующих и недавно действовавших, расположены около океанических и морских берегов. Это связано с глубокими тектоническими процессами, на которых я останавливаться не буду.

Сейчас приходится толковать это иначе и допускать, что главная масса солей океанической и морской воды создавалась искони и создается поныне (планетная константа) или из наземных вулканических извержений, сопровождающихся всегда ливнями (непрерывно действующими на земной поверхности), или выходами вулканов и фумарол на морском дне. Речная вода прямым своим изливанием в океаны не в состоянии изменить первоначального сходства порядкового состава океанической воды и растворимых частей продуктов вулканических процессов [5].

163. Но, помимо этого, мы можем ясно установить сейчас, что вся вода планеты, в каком бы состоянии она ни была, жидкая, твердая (и пленчатая) или газообразная, включая и весь Всемирный океан, представляет *единое неразрывное целое*, проникнутое газами и как губка охватывающее всю сушу, гидросферу и тропосферу, составляя *единую водную оболочку планеты*.

Помимо этих трех физических состояний, в это равновесие входят и другие: 1. Все живые организмы, миллиардами рассеянные в биосфере, связаны между собой водой, непосредственно или их дыханием, организованно проникнуты водой от нескольких процентов (семена и споры) до 99,7% по весу, если не больше (см. § 144). Это везде, как в океане и других водоемах, так и на суше.

2. Как мы знаем, пленка воды, невидимая глазом и которую некоторые считают газовой пленкой, что едва ли может быть общим случаем, покрывает все тела в атмосфере и в подземных частях, всегда существует на наружной поверхности всякого объекта биосферы и через бесчисленные капиллярные каналы, проникающие все земное вещество, образуется в них немедленно и, можно сказать, мгновенно, если они не были в соприкосновении с этой капиллярной пленкой воды, охватывающей все земное вещество. Метеорит, попадающий из космических пространств, в которых, по всему видно, отсутствует вода [6], мгновенно ею проникается, и постепенно количество воды отвечает обыкновенному давлению водяных паров, в которых он впрямь находится.

По-видимому, эта тонкая пленка воды, столь обычная и распространенная на нашей планете, должна отвечать льду VI Таманна – горячему льду, так как он плавится при +78°. Этот вывод приходится делать, приняв, что действие капиллярного притяжения идентично давлению термодинамических равновесий [7].

164. Еще несколько замечаний о характере земных вод. Все химические элементы в зоны веков находятся в водных растворах в природной воде, в ней растворяются, т.е. переходят в состояние ионов, согласно господствующему представлению о водном растворе. Но это представление не может распространяться без поправок на так называемые *рассеянные элементы*. Значительная часть рассеянных элементов находится в быстром движении, связанном с их происхождением, разложением ядра атомов под влиянием нейтронов (проникающие космические лучи), α -излучений (кроме космических лучей – при распаде радиоактивных элементов), протонов (по-видимому, в космических лучах, во всяком случае в процессе разложения атомного ядра под их влиянием), α -излучений (в космических лучах и в процессах распада создаваемых ими ядер изотопов и в связи с радиоактивными элементами). Неизбежно допустить, что все процессы, образующие рассеянное состояние элементов (см. § 21), связаны с термическим эффектом, благодаря чему эти вновь образованные изотопы находятся в движении с космической скоростью. Это явление, которое, как кажется мне, имеет огромное геологическое значение, недостаточно изучено. Но, тем не менее, оно представляет несомненный факт и не может оставаться нами без внимания.

Это – огромная область явлений, почти не затронутая экспериментом и точным количественным наблюдением ее в природных условиях. Это одна из основных задач дня в области геохимии. Прежде всего необходимо здесь изучить изотопический состав рассеянных элементов при помощи мощных масс-спектрографов. Он должен быть иным, чем атомный вес обычного элемента, и надо ждать, что разница эта будет превышать обыкновенные колебания атомного веса химических элементов, может приближаться к первой десятичной, если не выше.

Рассеянные элементы проникают одинаковым образом всю земную материю, как живое вещество, воды и гидросферу, так и твердое вещество планеты (см. § 21). В сущности говоря, в капле воды мы должны найти все химические элементы. Мы имеем здесь структуру природных тел, которую я назвал было (в 1910 г.) *микрোকосмической смесью* [8], так как теоретически мы должны ожидать здесь одновременно всех без исключения видов атомов, находящихся в океане, как бы в состоянии рассеянного газа. Возможно, что некоторое из них (или все) не находятся в виде ионов, но все же ее проникают.

Мы не знаем, однако, ионных природных растворов для обычного тория (изотоп 232), которые мы легко получаем в растворах его солей в лаборатории, но благодаря всеместному проникновению земной материи радием и актинием другие изотопы тория всюду могут быть найдены в земных водах, по-видимому, в рассеянном состоянии, например мезоторий 1, широко, как мы знаем, распространенный в богатых радием водах [9].

165. Я хочу остановиться еще на одном явлении, которое, по-видимому, является строго закономерным, хотя причина его не ясна в истории природных вод и имеется только эмпирическое наблюдение, на которое закрывают глаза; о нем умалчивают и с ним не считаются. Ни одной удовлетворительной научной гипотезы для объяснения этого эмпирического обобщения, по-видимому, реального, пока нет, а между тем выводы, которые приходится из него делать, имеют первоклассное геологическое значение.

По-видимому, не только для данного момента геологической истории существует определенное соотношение между распределением суши и океана. Все заставляет думать, что это не временное явление, а вообще положение, которое отвечает структуре биосферы и не меняется свободно, как предполагают геологи, на фоне истории нашей планеты, а остается почти неподвижным.

С одной стороны, Зюсс допускал, что некогда планета будет вся покрыта океаном «Pantalassa» [10]¹, с другой – существуют бесчисленные реконструкции палеогеографические, которые исходят из убеждения, что отношения между сушей и океаном могут меняться любым образом. С явлением, о котором пойдет речь, столкнулись при точном определении поверхности планеты, занятой морем и занятой сушей. При этом оказалось возможным связать это распределение с рельефом суши над уровнем моря и с рельефом дна океана. Эти правильности были выражены в виде кривых линий.

Одна из этих кривых отвечает обобщенному эмпирическому выражению рельефа суши, сведенному к форме земного эллипсоида. Другая обратная кривая отвечает рельефу дна океана. Уже то, что получаются при этом обратные кривые близкой геометрической формы и размеров, указывает, что мы здесь имеем не случайную правильность. Эти кривые впервые были установлены Зупаном и Де-Лаппараном [11].

Несколько позже, в 1890 г. [12], геодезист А. Ромье выразил эту правильность в иной форме, которую можно передать здесь следующим образом: *вес воды океана равен весу суши, лежащей на уровне океана, или выше, или очень к этому числу близок.*

Это связано с резко разным удельным весом морской воды и средним удельным весом пород, строящих сушу выше уровня океана. Если мы возьмем отношение между этими весами, то мы получим как раз то число, которое отвечает отношению между площадью океана (70,8% поверхности планеты) и суши (29,2%), то отношение будет как раз 2,43 – число, которое указал Ромье.

Эмпирическое обобщение, причина которого нам пока не ясна, выраженное в этой форме Ромье, мне кажется установленным. При всех новых, более точных определениях отношения поверхностей суши и океана, средней глубины океана и средней высоты суши, среднего удельного веса морской и океанической воды и среднего удельного веса суши биосферы, этот вывод не опровергается. Он был подвергнут критике в последнее время (1921) Коссина [13], который пришел к заключению, что это эмпирическое правило не реально. В свое время я касался этой критики Коссина и пытался указать, что вывод его неверен [14].

Если принять это эмпирическое обобщение (а я думаю, что эмпирические обобщения имеют в геологии гораздо большую прочность, чем научные гипотезы, даже если они пока не понятны – отвечают реальности – и должны быть принимаемы как научный факт), из него не следует, что в течение геологического времени не могло происходить изменений географической карты суши и океана, в том масштабе, который менял бы это положение. Принятие

¹ Кант в свое время (1724–1804) предполагал, что Земля в конце концов потеряет всю воду, превратится в безводную.

этого условия дало бы некоторую более прочную точку опоры для тех схем, которые выражаются в палеогеографических картах, в значительной степени фантастических.

Исходя из этого обобщения, можно утверждать, что в общем при всяком распределении суши и моря и при всяком его изменении должно выдерживаться правило, что вес морской и океанической воды должен быть равен весу суши, возвышающейся над уровнем геоида. Эту правильность я буду называть правилом Ромье¹.

Ромье связывал эти явления с денудацией, сносом (*déblai*) и наносом (*gemblai*), т.е., другими словами, все сводил к механическому выветриванию, а между тем уровень океана и его глубина зависят от тектонических и орогенетических процессов в аспекте геологического времени, так же как и процессов денудации и наносов.

Количественного учета этих тектонических процессов в масштабе исторического времени мы не знаем, но мы знаем, что они происходят, как, например, недавние опускания дна в Черном море и у берегов Калифорнии.

Ромье правильно указывает, что дело идет не о механизме, а о динамическом равновесии между двумя противоположными процессами, геологически длительными и обусловленными причинами очень сложного характера, которые, кроме того, идут с разной скоростью; например, денудация суши реками или ветрами дает результат только в геологическое время, опускание дна Черного моря и образование нового вулкана с выходом его на поверхность совершаются в историческое время. Это по существу неустойчивое динамическое равновесие. Оно происходит только в биосфере, даже, как это имеет место в геосинклинальных движениях, где явление отражается глубоко от биосферы данного хронологического момента; оно оказывается для нас только в биосфере, в масштабе только геологического времени. Число 2,43 не есть число абсолютное. Мы здесь имеем не чисто геометрические отношения, как мы имеем дело, например, в чистой геометрии или в кристаллографии, где в пределах ошибок соотношения величин неизменны во времени. Здесь мы имеем соотношения подвижные в известных пределах, может быть, больших. Они могут меняться скачками. Но раз явления геологически длительны, для человеческой жизни они кажутся постоянными. Я такие числовые или механические правильности назвал *организованностью биосферы* [15].

166. Одно проявление этого обобщения мы сейчас живо переживаем. Мы живем в конце последнего ледникового периода, во время которого, еще несколько тысячелетий тому назад, слой льда в сотни метров покрывал и Ленинград, и Москву. Суша нарастала во время его максимального проявления и достигла максимальной высоты при максимальном покрытии ее льдом. Точное изучение ледникового периода ясно показывает нам, что при максимуме оледенения уровень океана понижался [16] на всем его протяжении, а по мере таяния льда и перехода его в жидкое и газообразное состояние суша поднималась эластически над уровнем океана. Это явление еще длится. Мы знаем, что и сейчас в Антарктике и в Арктической области значительная часть суши увеличена благодаря льду в своей средней мощности. Мы знаем, с другой

¹ Мои попытки получить биографические и хронологические данные о Ромье в Москве были неудачны. Две его статьи были представлены в Парижскую Академию наук проф. Добрэ.

стороны, что такие нарастания льдов, увеличение суши за счет морской воды, проявлялись несколько раз в течение последнего миллиарда лет. При этом надо заметить, что в эти периоды эти скопления льда как будто бы не были связаны с осью вращения планеты.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Вернадский В.* История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Л., 1933. Ч. 1, вып. 1. С. 23–24; Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 26.
2. *Вернадский В.* Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 32, 219; *Виноградов А.П.* Химический элементарный состав организмов моря // Тр. Биогеохим. лаб. 1944.
3. Пропуск у автора.
4. Ссылка отсутствует.
5. *Вернадский В.* История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод. Л., 1936. Ч. 1, вып. 3. С. 408–418.
6. *Farrington O.* Meteorites, their structure, composition and terrestrial. Chicago, 1915.
7. *Вернадский В.* История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Л., 1933. Ч. 1, вып. 1. С. 98; *Садиков В.* Живое вещество и его вода // Природа. 1934. № 6. С. 40; *Вайнберг Б.П.* Лед. Л., 1940.
8. *Вернадский В.* Парагенезис химических элементов в земной коре // Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей. М., 1910. С. 73–91 и др. статьи; см. Ч. I, примеч. 6 к гл. 1.
9. *Вернадский В.* // Природа. 1932. № 5. С. 415.
10. *Suess E.* Antlitz der Erde. 1909. Т. III. S. 776–777.
11. *Зупан А.* Основы физической географии. Пр., 1914 (*Supan A.* Grundzüge der physikalischen Erdkunde. В.; Leipzig, 1927. Bd. 1; *Lapparant A. de.* Traite de géologie. 5 éd. P., 1906).
12. *Rotieux A.* C. r. Acad. sci. 1890. Vol. 3. P. 996.
13. *Kossina E.* Die Tiefen des Weltmeeres und mittlere Höre der Kontinente // Z. Ges. Erdkunde. 1931. N 9/10.
14. *Вернадский В.* История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. Л., 1933. Ч. 1, вып. 1. С. 44–47.
15. *Вернадский В.* Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 5.
16. Ссылка отсутствует.

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ КАК ПЛАНЕТНОЕ ЯВЛЕНИЕ

Планетная астрономия и живое вещество (§ 167). Создание тропосферы как функция дисперсного живого вещества в геохорах и в гидросфере (§ 168). Разнородный с точки зрения энергетического эффекта химический элементарный состав вещества биосферы: живое, косное и биокосное вещество. Различия внутри живого вещества. Автотрофное, миксотрофное и гетеротрофное живое вещество (§ 169, 170). Химический элементарный состав живого вещества (§ 171). Различное понимание химического состава живого вещества в физиологии растений и в биогеохимии (§ 172). Таблица 21 химического состава организмов океана и моря, пресных вод и суши (§ 173). Организованность биосферы (§ 174). Изменение изотопического состава химических элементов в живом веществе биосферы и в метаморфической оболочке Земли (§ 175). Биогеохимические функции (§ 176). Газовые функции живого вещества. Биогенное происхождение атмосферы Земли (§ 177). Кислородно-углекислотная функция живого вещества, независимая от хлорофилла (§ 179). Озонная и перекисьводородная функция живого вещества (§ 180). Азотная функция живого вещества (§ 181). Схема круговорота азота на нашей планете (§ 182). Углеродная функция живого вещества. Терпены. Запахи (§ 183, 184). Мозаичность тропосферы, почвы и коры выветривания (§ 185). Биогенный круговорот воды в биосфере (§ 186). Сероводородная и сульфидная функция живого вещества (§ 187). Концентрационные функции первого и второго рода (§ 188–190). Таблица 22. Концентрация второго рода химических элементов живым веществом (§ 191). Окислительно-восстановительные функции (§ 192). Биохимические функции и их изменение в эволюционном процессе (§ 193). Рост и размножение. Давление жизни. Скорость размножения и роста. Скорость растекания по поверхности планеты. Земной экватор как эталон размножения. Связь его с сутками и годами (§ 194).

Биогенная миграция атомов 1,2 и 3-го родов. Первый биогеохимический принцип (§ 195). Вторая биогеохимическая функция. Каустобиолиты (§ 196, 197). Резкое химическое отличие каустобиолитных процессов от химических процессов, идущих в других косных минералах и породах. Проявление в них эволюционного процесса. Персистенты. Три группы каустобиолитов. Второй биогеохимический принцип (§ 198). Ноосфера. Биогеохимическая функция человека. Принцип Д. Дана. Направленность эволюционного процесса и биогенной миграции атомов 3-го рода. Мощностъ этого явления (§ 199, 200). Эволюционный процесс и проявление биохимической функции 3-го рода, все растущей, в историческом процессе человечества на всей планете как единое целое. Овладение человека новыми формами энергии. Огромные перспективы для его будущего (§ 201, 202). Исторический ход подготовки ноосферы. Создание научного аппарата эмпирических фактов и обобщений. Рост современной науки с XV по XX в. (§ 203–205).

167. Изучение жизни в форме живого вещества явно указывает, что это есть планетное, т.е. космическое, явление (принцип Гюйгенса). Анализ того, что нам известно, приводит к этому выводу с такой степенью вероятности, которая может считаться точным научным эмпирическим обобщением [1].

В последние годы астрономия делает быстрые успехи как раз с физической и с химической интересующей нас точки зрения. Но она оставляет при этом совершенно в стороне те выводы, к которым мы пришли из научного исследования единственной планеты, которая нам доступна во всем могуществе современной научной методики.

В сессии столетия Пулковской обсерватории, предшествовавшей ее разрушению варварскими полчищами Гитлера, академик В.Г. Фесенков обратил внимание, подчеркнул те особенности, которые представляет Солнечная

система по сравнению со всеми остальными нам известными звездами, которые никакого объяснения до сих пор не имеют. Выявляется из этого сравнения, что «как будто планеты находятся на ненормально больших расстояниях от Солнца, да и скорость вращения самого Солнца является аномально малой по сравнению со скоростями вращения звезд» [2]. Два миллиарда лет тому назад, о которых мы имеем данные в истории Земли, масса и физические свойства Солнца были практически те же, что и теперь. Приливное трение в системе Земля–Луна вызывает замедление вращения Земли вокруг своей оси и удаление Луны от Земли с ходом геологического времени (см. § 1, § 89).

Два вывода должны интересовать планетную астрономию.

Во-первых, то, что основные явления на нашей планете, можно сказать, всецело связаны с вне планеты лежащими космическими силами – с солнечными излучениями и с проникающими космическими излучениями (см. § 1).

И, во-вторых, что все геологические явления, самые грандиозные, всецело сосредоточены на тончайшей пленке геокор и гидросферы нашей планеты и тесно связаны с атомной энергией ее радиоактивных атомов, основного источника планетной теплоты, которая получается радиоактивным распадом некоторых химических элементов и, как я думаю, с рассеянным состоянием всех химических элементов, создающимся проникающим космическим излучением (см. § 21 и сл.).

Другой вывод геохимии нашей планеты до сих пор почти не вошел в сознание планетной астрономии. Это вывод о том, что земная атмосфера не является проявлением всемирного тяготения, т.е. не является астрономическим явлением, а создана сложным химическим процессом, в котором для нашей планеты живое вещество играет решающую роль (см. § 155 и сл.).

В то же время, однако, планетная астрономия ясно и определенно выяснила чрезвычайно яркую индивидуальность для каждой планеты их атмосферы и огромную роль, которую играют в них те же газы, которые мы наблюдаем на Земле как биогенные газы и распределение которых на нашей Земле, в земных атмосферах, не может быть объяснено всемирным тяготением, как мы это думали еще недавно (см. § 117).

Выше, в главах XV и XVI, указано, что в явлениях жизни, в аспекте живого вещества, мы встречаемся с явлением, резко отличным от обычного косного вещества планеты и связанным с особым состоянием пространства-времени, что в сущности предвидел Л. Пастер в XIX столетии, – явления по существу космического характера.

Логически неизбежно допускать, что мы должны видеть то же проявление прежде всего в других планетах, так как размах и глубина значения живого вещества на нашей планете в чисто планетных процессах не допускают возможности для современного натуралиста признать, что это случайное (или провиденциальное явление, как это думал А. Уоллес (1822–1913)) [3] явление, с планетной структурой не связанное и в Космосе вообще, кроме Земли, нигде не проявляющееся [4].

Наш научный физико-химический аспект Космоса явно не полон, так как в нем нет места явлениям жизни в каких бы то ни было ее проявлениях, и большая часть современной научной проблематики и научные работы большинства исследователей в этом аспекте никаким образом не отражаются.

Я не могу на этом здесь останавливаться, касался этого в другом месте, но при чтении всего дальнейшего необходимо это иметь в виду [5].

Но и планетная астрономия ясно выявляет, что атмосферы планет не могут быть объяснены (как это ясно теперь и для земной атмосферы) на основании их химического состава как производные всемирного тяготения и солнечного излучения – два фактора, которые астрономами до сих пор только и принимаются во внимание. Из последних сводок английских и американских астрономов Ресселя, Вильдта, Сп. Джонса, Джинса и других [6] ясно это вытекает.

Но эти сводки и выводы, как это можно вывести из недавней работы Джинса, основываются на посылках, которые явно недостаточны, если учитывать данные нашей планеты, и приводят, мне кажется, в известной части к неверным выводам. В 1941 г. Джинс, говоря о физическом состоянии планет, указывает, что «оно зависит от многих факторов, самым главным из которых является расстояние от Солнца. Ибо, как мы узнали в последние годы, планета дает ровно столько света и тепла, сколько она получает от Солнца, и никогда больше. Таким образом, планеты имеют очень мало своего собственного тепла и постольку теплы, поскольку они нагреваются Солнцем» [7]. Для света это, по-видимому, верно, но для тепла этот вывод Джинса явно противоречит тому, что мы знаем для Земли, и с ним нельзя согласиться. Астроном должен прежде всего считаться с явлениями той планеты, которая, во-первых, лучше изучена и, во-вторых, имеет источником тепла, помимо Солнца, космические излучения и радиоактивный распад – общие для всех планет. Проникающие космические излучения охватывают все планеты и должны вызывать явления рассеяния элементов во всех планетах, что ясно по тем космическим телам, которые достигают нашей планеты – метеоритам, космической пыли и тектитам. Радиоактивные элементы присутствуют на Солнце и нет никаких данных считать их отсутствующими в веществе планет. Это представляется нам, с эмпирической точки зрения, чрезвычайно маловероятным. Для метеоритов и космической пыли нахождение радиоактивных веществ того же порядка, что и на Земле, доказано, а на Солнце доказано спектроскопически.

Выводы астрономов о термическом режиме планет требуют коренной поправки, которая должна изменить их в самом основании.

Изучение газовых оболочек Земли ясно показывает, что в то самое время, как в ионосфере и в верхней стратосфере температура достигает нескольких сот градусов Цельсия – Линнея¹, эта теплота не связана с Солнцем или во всяком случае с его теплоиспусканием. Но она, возможно, сложно связана с космическими проникающими излучениями, участие которых в тепловом режиме и других планет мы должны принимать во внимание, чего сейчас не делают астрономы.

С той же точки зрения пересмотра требуют и заключения астрономов о характере планетных газов, вероятность биогенного происхождения которых ими не принимается во внимание. Астрономы принимают во внимание, говоря о жизни, только O_2 , CO_2 , H_2O . А между тем мы видим, что в земных

¹ Роль Линнея в нашей стоградусной шкале обычно упускается из виду.

атмосферах не только эти газы, но и H_2 , N_2 , H_2S , углеводороды в подавляющей части на Земле биогенны [8]¹.

Отсюда можно сделать вывод, что газы, биогенные на Земле, будут такими же и на других планетах, так как термодинамические условия этому не противоречат. А для земных планет (см. § 117), Венеры и Марса, это более чем вероятно, и работа в этом направлении может быть поставлена в такие условия, что мы можем этот вопрос решить в ближайшее время (см. § 16).

Для гигантских планет – Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна – мы имеем явно чуждый миру явлений на нашей планете характер, с одной стороны, а с другой стороны – химия тех главных соединений, которые здесь господствуют, – углеводородов (в данном случае только метана) и аммиака – совершенно в нужной форме не изучена. Почти не известна химия их твердых и жидких соединений. Живые организмы являются телами по существу твердыми и жидкими. Газовые явления в них связаны с биогенной миграцией атомов. Уже давно крупный американский ученый физиолог Л. Гендерсон обратил внимание, когда химический состав гигантских планет был еще не известен, на то, что аммиак является единственным соединением в природе, которое приближается по своим физико-химическим свойствам к воде, а вода, как известно, во всех земных организмах является преобладающим соединением и есть случаи, когда количество ее доходит в живом организме до 99,7% по весу². Новые исследования ставят под сомнение эти цифры, требуется проверка.

Отсюда можно сделать вывод, что на Венере, Марсе, Юпитере и Сатурне существуют формы жизни, которые аналогичны той микроскопической жизни, которая выделяет газообразные продукты – азот N_2 , водород H_2 , сероводород, аммиак, углеводороды, угольную кислоту. Эта жизнь – подземная для нашей биосферы.

Но можно сделать еще дальнейший вывод. Так как характер их газов является эмпирическим обобщением, то можно допустить, что мы можем предположить существование аммиачного, а не водного аналога микробной жизни. Высказывая эту научную гипотезу, я имею в виду возможность ее проверки. Для этого необходимо изучить твердые и жидкие метановые и аммиачные соединения в их газообразной среде, изолированной от окружающей нас обстановки.

168. Обращаясь к *твердым частям биосферы*, геохорам (см. гл. IV), мы вступаем в область явлений, резко химически отличных от тех, которые мы встречали в *тропосфере* – газообразной геосфере (см. гл. XVI).

Геохоры – область наземной жизни, теснейшим образом связанная с воздушным океаном, тропосферой, с одной стороны, а с другой – с твердым субстратом планеты, литосферой Зюсса, чрезвычайно неоднородной в своем химическом и петрографическом составе, в своих механических и физических

¹ Минералогия земных газов чрезвычайно мало разработана. Является ясным и несомненным, что количество разнообразных газов биогенного происхождения на нашей планете исчисляется тысячами видов. Одних терпенов должно быть около тысячи. Запахи в тропосфере и в подземной тропосфере (например, в почвах; см. § 184) играют огромную роль как для живого вещества, так и для защиты организмов от потери теплоты (см. § 183, 184).

² *Henderson L.* Русский перевод существует, но явно искажен (см. мои «Очерки геохимии». М.: Горгонефтеиздат, 1934) и им пользоваться нельзя.

свойствах. Это ярко выражается на геологической карте нашей планеты. Живые организмы живут в ней с планетной точки зрения одним слоем, учитывая рельеф. Они сосредоточены на немногих сотнях метров, которых достигают самые высокие деревья и в которые могут проникать летающие насекомые и птицы и механически поднимающиеся с воздушными течениями мелкие организмы. Вместе с сознательно действующим человеком они проникают в наш век в стратосферу.

Уже давно, в 1840-х годах, в замечательном мемуаре, сохранившем свое значение до сих пор, Дюма (1800–1884) и Г. Буссенго (1802–1887) [9] доказали, что жизнь может быть рассматриваема как привесок к атмосфере (по-современному – к тропосфере). Мы можем сейчас идти еще дальше и утверждать, что основная масса тропосферы создана жизнью, биогенна. И эмпирическое обобщение Буссенго и Дюма может быть выражено как динамическое равновесие:

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО \rightleftharpoons ТРОПОСФЕРА

Это динамическое равновесие есть геологически вечная форма, организованность нашей планеты (см. § 174).

Может быть поставлена научная проблема – не есть ли это общее явление для планет.

Геохоры – это пленки живого вещества на нашей планете на суше. В масштабе планеты их мощность ничтожна, но геохимический эффект чрезвычайно велик. Тончайшая пленка планктона гидросферы ей отвечает, и, таким образом, жизнью охвачена поверхность всей планеты.

Химическая неоднородность прежде всего связана с относительной неподвижностью твердого вещества – субстрата геохор, резко отличающегося от молекулярно подвижных жидких и газообразных тел биосферы, тропосферы и гидросферы, с которыми мы встречались раньше.

Живые вещества, как мы знаем, являются дисперсными формами в биосфере, ничтожными по размерам, сложными системами – твердыми веществами¹ sui generis². Эмпирическое обобщение, впервые высказанное в конце XVIII и в начале XIX в. в Вильно польским ученым Е. Снядецким (1768–1838) (см. § 138), что чем больше дисперсность, меньше объем, тем интенсивнее геохимический эффект живого организма, точно определяет геохимическую роль живого вещества.

Живые организмы всегда обладают или твердым внутренним скелетом, или твердым наружным покровом и состоят в то же время в своей преобладающей массе из коллоидальных тел, проникнутых жидкостью – водой, вернее, ее растворами. Таковы же организмы и в жидкой среде, в гидросфере. К сожалению, вес газов, находящихся в организме, обычно не учитывается при суждении о количественном химическом составе живого вещества³.

¹ Живые организмы, твердые по внешней форме, по их объему; в них преобладают обычно газы и жидкие и полужидкие вещества.

² Своеобразный.

³ Отсутствие ясного понимания значения по весу газов, входящих в живой организм, является основным дефектом наших знаний о химическом составе живых организмов. По объему они явно занимают видное место в составе живого организма, иногда преобладают.

Точных количественных данных нет. Точное количественное определение их массы для всех организмов есть одна из основных задач биогеохимии.

Мозаичность, неоднородность субстрата геосфер связана и с геохорами, и со сгущениями в них разных форм жизни, с одной стороны, а с другой – она тесно связана с явлениями твердой земной оболочки. Конечный результат всех этих явлений нами выражается в геологических, литологических ботанических картах. Чем в более крупном масштабе строится карта, тем резче проявляется мозаичность, химико-физическая неоднородность структуры (см. гл. IV, § 40) твердой геосферы, которая является поверхностной частью литосферы Зюсса земной коры современных геологов.

Это явление должно еще более резко проявляться на геохимической карте биосферы, которая должна дать средний элементарный химический состав на глубину нескольких километров вниз от поверхности геохор – геоида (см. ч. I, § 41,42).

169. Как уже указано (см. § 38), в биосфере мы имеем дело с разными формами *биосферного вещества*: косного инертного малоактивного вещества, живого дисперсного, чрезвычайно химически и геологически активного, и *биокосного* вещества, являющегося закономерной структурой из живого и косного вещества. Впервые Пастер ясно сознавал резкое отличие живого вещества от косного.

Он считал, что образование живого вещества из косного, т.е. *абиогенез* возможен только в особых условиях пространства, если он вообще возможен, связал его с пространством. Он думал, что для этого достаточно энергетических проявлений, например, в материально пустых пространствах, озаренных эллиптическим или круговым поляризованным светом одного из двух возможных направлений. До сих пор эта идея Пастера не может считаться выясненной и нет точных доказательств ее невозможности. Разъяснить это – одна из очередных задач биогеохимии. Но правизна-левизна проявляется в живом веществе, в материальной среде, в распределении в пространстве-времени атомов (см. гл. XVI). Очевидно, в такой простой форме мысль Пастера не охватывает всего вопроса, но в общих чертах она правильна и требует внимательного к себе отношения и углубленной экспериментальной проверки [10].

Каждый организм является центром огромной свободной энергии. В своей совокупности, в конце концов, живое вещество перестраивает совершенно область жизни – биосферу. Но это одна сторона, общая для всего живого вещества. Есть еще другая, которая имеет особое значение.

В результате огромной работы химиков, микробиологов, биологов и физиологов в середине XIX столетия выяснилось, что живое вещество более или менее резко распадается на две, может быть, на три различные части. В 1880-х годах немецкий физиолог Пфедфер подвел итоги почти столетней работы [11] и указал, что часть живого вещества не зависит в своем питании, т.е. в построении своих тканей, своего вещества, от других организмов и может существовать и развиваться на земной поверхности или в океане в отсутствие каких бы то ни было других организмов. Это организмы самодовлеющие, автотрофные, по его терминологии. Все животные, человек в том числе, и бесхлорофилльные растения не могут существовать в отсутствие зеленых растений. Пфедфер назвал их гетеротрофными. Поглощая газы

дыханием и питаюсь корнями, зеленые растения создают хлорофилл – белковое тело, содержащее металл магний в своем строении [12]. Благодаря этому они с помощью хлорофилла используют солнечную энергию определенной части спектра и могут синтезировать все те органические соединения, в том числе и белки, которые строят их тело. Механизм этого процесса до сих пор окончательно не выяснен, существуют различные теории и гипотезы, которые я для своей цели могу здесь оставить в стороне.

Чрезвычайно характерно, что хлорофилл концентрируется в клетках в определенных организованных тельцах – пластидах. А пластиды, подобно самой клетке, размножаются делением. В связи с этим некоторые ботаники (в том числе А. Фаминцын) пытались рассматривать это основное явление как симбиоз, подобно лишайникам, которые являются симбиозом зеленой водоросли и гриба.

Представление Пфелфера меняется, когда мы вступаем в область микроскопической жизни. Микроскопическая жизнь в значительной части своих форм автотрофна, и больше того, ее сосуществование с зелеными растительными организмами играет большую роль в истории азота.

Впервые в 1888 г. знаменитый русский микробиолог С.Н. Виноградский один из 10 иностранных почетных членов Парижской Академии¹, работавший в последние года в Институте Пастера во Франции, доказал для железобактерий (1888–1922) их автотрофность и их независимость от зеленых растений [13]. Они берут нужную для жизни энергию химическим путем, окисляя закись железа в окись, и развиваются, строят свои тела вне зависимости от других организмов. Этот вывод должен быть распространен не только на организмы, богатые железом, но еще более на организмы, богатые марганцем, который всегда заключается и в железобактериях и который дает в условиях биосферы большую гамму кислородных соединений, чем железо.

По-видимому, очень большая часть микроскопической подземной жизни, главным образом микробов, грибов и водорослей, не зависит от высших зеленых организмов прямо или косвенно и должна быть, с этой точки зрения, аналогична железо- и марганцо-бактериям и грибам (автотрофной).

Тот же самый С.Н. Виноградский в 1893 г. разъяснил существование в почвах особых бактерий (анаэробы) *Clostridium Pasterianum*, которые образуют из азота атмосферы аммиак.

В 1901 г. Бейеринк выделил из садовой земли еще более распространенную бактерию *Azotobacter*, которая фиксирует азот воздуха при наличии безазотистых органических веществ. Акад. В. Омелянский думает, что механизм фиксации тот же, что и для *Clostridium*. Эти бактерии не связаны с определенными зелеными организмами, но есть бактерии, которые играют огромную роль в природном плодосмене или в настоящее время в агрономической культуре. Это бактерии, которые связаны с бобовыми растениями и создают на корнях их особые клубеньки, которые долго считались органами растений. По работам Гельригеля и Вильфрота, немецких агрономов, в клубеньках оказались особые бактерии, которые усваивают азот воздуха, давая белки, и называются теперь азотфиксирующими бактериями. Обычные микробы этой

¹ До него, мне кажется, в числе этой десятки почетных членов из русских был только император Петр Великий.

способности не имеют. Бобовые могут жить и развиваться и в их отсутствие, но в таком случае почва не обогащается легко усвояемым для других зеленых растений азотом [14]. Вековой опыт показал, что введение в плодосмен бобовых улучшает почву для других растений.

С.Н. Виноградский поднял общий вопрос, который не получил своего завершения и который представляет почти незатронутую с этой точки зрения область больших проявлений живого вещества. Человек, как известно, является гетеротрофным организмом и не может сейчас существовать без растительной и животной пищи. Сейчас, с XIX в., поставлен вопрос, который рано или поздно, но будет разрешен – о синтезе пищи для человека вне зависимости от окружающей живой природы. *И когда человек эту задачу разрешит умственным процессом, в чем едва ли можно сомневаться, он превратится в автотрофный организм с социальным трудом* [15]. М. Вертело в последние годы жизни работал над этой проблемой, и, вероятно, есть и сейчас лаборатории, где идет эта работа (А. Бекетов).

170. Сейчас все более становится ясным, что деления Пфедфера на автотрофные и гетеротрофные организмы недостаточно. И все больше и больше выясняется существование промежуточной группы – миксотрофных организмов, которые используют для пищи готовые соединения хлорофилльных растений или с ними неразрывно связанных животных и в то же самое время обладают способностью синтезировать независимо от зеленой растительности сложные органические соединения.

С этим тем более надо считаться, что биологи не учитывают всюду присутствующий источник энергии во всех организмах, для каждого из них характерный по величине, продукт, который не принимается биологами во внимание. Это радиоактивная энергия, характерная для каждого организма, как показали работы Биогеохимической лаборатории. А между тем в геологии эта форма энергии в настоящее время играет основную роль на нашей планете. Дело ближайшего будущего выяснить значение для организмов этой формы энергии. Какое ее проявление? В физиологии животных и растений эта энергия не учитывается и все эксперименты поставлены в такие условия, что она всегда присутствует и, очевидно, проявляется. Как – мы не знаем. Эту поправку нужно вносить во все опыты физиологов.

171. Одной из задач изучения химического состава биосферы является выяснение среднего химического атомного состава ее живого вещества и выяснение его количества в биосфере. Он совершенно оригинален, и в нем резко господствуют легкие атомы. Это будет, во-первых, 13 легких химических элементов: H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca – и один тяжелый – Fe (атомный вес 55,84; см. § 173)¹. Они находятся во всех без исключения живых организмах и дают в них определенные химические соединения, в подавляющем большинстве только в живом веществе наблюдаемые. Во всех живых веществах в виде следов в *рассеянном состоянии* находятся *все другие элементы*. Они, по-видимому, находятся в атомном состоянии или в виде концентрации 2-го рода (см. § 188–190). При исчислении химического состава живого вещества обычно не принимают во внимание газы, их проникающие, что, конечно, неправильно и должно быть нами учитываемо, а пока

¹ Вероятно, и Mn присутствует во всех организмах [16].

приходится это всегда помнить. Это касается и благородных газов: гелия, неона, аргона, криптона и ксенона, нахождение которых едва ли является безразличным. Точно утверждать это мы пока не можем, так как эта область количественно недостаточно изучена. Возможно, что иод – 126,92, бром – 79,91 и медь – 63,57 тоже находятся в соединениях во всех организмах. В таком случае иод будет самым тяжелым элементом, образующим живое вещество. Атомный вес его 126,92, порядковый номер 53. Нельзя не отметить, однако, что распространение иода в природе Земли совершенно аналогично радио. Это как бы его модель. Причины этого нам пока неясны [17].

В конце концов, все химические элементы менделеевской таблицы, по-видимому, закономерно охвачены живым веществом. Это может служить косвенным подтверждением тому, что отличие живого и косного вещества планеты связано не с различием физико-химических проявлений, а с более общим различием состояния пространства-времени этих материально-энергетических систем (см. § 144).

В химическом составе живого вещества мы должны различать две группы химических элементов: 1) обычные элементы, которые в организме не обладают действенной свободной атомной энергией [18], и 2) радиоактивные элементы, которые обладают такой свободной энергией и которые, помимо теплового эффекта, им всегда свойственного, могут также оказывать влияние на жизнь организмов, выявляя в них движения материальных и энергетических частиц, которые, по терминологии, здесь принятой, являются космическими явлениями в нашей планете. Это будут радиоактивные элементы (см. § 173), выделяющие α -лучи материальные и γ -лучи энергетические. Эти атомы всегда находятся в ничтожных количествах, едва ли дают определенные химические соединения, может быть, находятся в виде твердых растворов, существование которых химически установлено. В таком случае их действие может быть сведено на действие их как источников энергии. Работы нашей лаборатории указали, что *эти элементы закономерно находятся во всех организмах, количество их тесно связано с видовым составом организмов, есть для каждого вида величина определенная, разная и характерная* [19].

Но, помимо этого, неуклонно и непрестанно во время жизни все живые вещества пронизываются космическими излучениями, которые в них, разбивая атомы, по-видимому, всех элементов, создают рассеяние изотопов, которые химически резко отличны от исходных элементов и независимы от химического состава организмов. При этом распаде организм получает новую тепловую и атомную энергию. То же самое имеет место для некоторых α , β и γ -излучений радиоактивных элементов организма, которые создают рассеянные изотопы другого атомного веса. Явление это только что входит в научную мысль, и оценку его мы пока сделать не можем.

Основное значение в живых организмах, с биогеохимической точки зрения, имеет первая группа элементов, по массе резко преобладающих.

172. Здесь мы встречаемся с резким различием понимания химического состава организма биогеохимиков и физиологов (растений, по крайней мере).

Физиологи считают те химические элементы необходимыми для жизни организма, отсутствие которых или нахождение которых ниже известного минимума вредно действует на организм, причем они проверяют это на опыте культур в общем числе немногих поколений.

Но при этом они не принимают во внимание радиоактивных элементов при постановке опытов, которые всегда, во всех их опытах существуют и проявляются. Они оставляют без внимания и то, что организм, живущий в нашей биосфере, теснейшим образом связан с окружающей его средой и представляет из себя планетное явление.

Исторически такая постановка опытов сложилась в эпоху, когда было живо понятие о «жизненной силе». Но ясно сейчас, что «жизнь» реально отвечает «живому веществу», т.е. совокупности живых организмов. Это представление о жизни как о совокупности живых организмов есть эмпирическое обобщение, и химический состав живых организмов не является случайностью и без предварительного опыта нельзя считать химически чистым для опыта вещество, когда в нем не учитываются радиоактивные и рассеянные элементы.

Опыты, поставленные в последнее время, перед войной, нашей лабораторией и лабораторией акад. Прянишникова, показывают, что радон и радий ярко проявляются в жизни организмов, что и нужно было ожидать и что, с другой стороны, было подтверждено нашей лабораторией путем наблюдения.

В частности, многолетние опыты над пятью видами ряски (Б.К. Бруновский, В.И. Баранов и К.Г. Кунашева) в прудах Старого Петергофа, Киева и Москвы в течение ряда лет показали, что каждый вид ряски имеет собственный состав, резко отличный в отношении радия для каждого вида [20]. При этом при «цветении» пруда ряска выкачивает из прудов почти весь радий. То же самое явление указано для всех видов организмов, которые до сих пор исследовались.

Пределы колебаний и их порядок различны для каждого вида. До сих пор не было найдено ни одного организма, где бы отсутствовали радиоактивные элементы. Учитывая то значение, которое радиоактивная энергия имеет в структуре нашей планеты, в ее термическом режиме, мы не можем считать оставление ее без внимания физиологами правильным, и, мне кажется, опыты их должны быть проверены так, что радиоактивные элементы должны быть из них удалены, а пока что должны быть использованы геохимически с большой осторожностью. Опыты и других лабораторий – у нас Украинской Академии наук (Бурксер) и Географической лаборатории Карнеги в Вашингтоне – подтвердили наши выводы. Работы последней (Пиггот и Урри) показали огромное значение этого явления в воде и илах Тихого океана.

173. Мы можем сейчас дать примерные цифры отдельно химического состава организмов моря, пресных вод и суши.

Современное состояние наших знаний об элементарном химическом составе живого вещества выражается следующей табл. 21.

Таблица 21

Химический состав живого вещества¹

I.	Химический состав живого вещества океана и моря.				
II.	»	»	»	»	пресных вод.
III.	»	»	»	»	суши ¹ .

¹ Химический элементарный состав подземных организмов суши совершенно неизвестен.

174. Исходя из этого состава, мы можем уже в настоящее время определенно утверждать, что *живое вещество в биосфере играет основную активную роль и по своей мощности ни с чем, ни с какой геологической силой, не может даже быть сравниваемо* по своей интенсивности и непрерывности во времени. В сущности, оно определяет все основные химические закономерности в биосфере. Структура биосферы, точно функционирующая в течение не менее двух миллиардов лет, очень закономерна и резко отличается от механических структур наших приборов и аппаратов. На своеобразный характер этой структуры, в которой всегда играют большую роль газы и жидкости, уже давно обратили внимание биологи и химики, в частности, наиболее глубоко – физиологи Л. Гендерсон в Соединенных Штатах [92] и у нас И.М. Сеченов [23]. Эта структура отличается от механизма прежде всего своей сложностью. Она представляет собой динамическое равновесие, колеблющееся около статического состояния атомов, соединений или химических элементов в том случае физико-химических явлений, которые мы рассматриваем в этой работе. Эту форму равновесий удобно назвать *организованностью биосферы* в отличие от механизма. Отличие заключается в следующем. Ни одна из точек этой системы не занимает в течение геологического времени то же самое место. Она закономерно колеблется около какой-то точки. *Это отличает организованность от механизма.*

Чрезвычайно характерно, как указал Гендерсон, что колебания газового состава океанической воды очень близки к нашей точности методики их определения. То же самое наблюдалось и при анализах воздуха в отношении $N_2:O_2$, которое близко по объему к целым числам и одно время думали, что имеют дело с химическим соединением, аналогичным закиси азота. Такую организованность представляет в течение времени живое вещество в биосфере.

175. Ярким примером организованности является изменение изотопического состава элементов живыми организмами. Здесь мы встречаемся со значением изотопов, которое не проявляется так резко в обычных геохимических процессах биосферы [24].

В последнее время систематически с 1926 г. Биогеохимическая лаборатория Академии наук ведет работы в этом направлении. Указания такого рода сейчас все более увеличиваются в мировой литературе, с 1936 г. особенно, когда Брюер [25] в Вашингтоне, уточнив физическую методику определения атомного веса, доказал тонкой физической методикой его изменение в живом веществе. По этим работам оказалось, что в противоречии с тем, что предполагали раньше возможным, в калии, выделенном из организмов, увеличивается количество изотопа атомного веса 39 – нерадиоактивного. Раньше было сильно распространено мнение, что калий имеет значение для организма благодаря присутствию в нем радиоактивного изотопа атомного веса 40.

К сожалению, этот важнейший вопрос сейчас остается в стадии анабиоза; начатая проверка работ Брюера в нашей лаборатории три года тому назад не могла до сих пор быть закончена, так как мы не могли иметь нужной валюты для приобретения масс-спектрографа большой мощности и должны были приступить к постройке его у себя. Но, к сожалению, постройка научных приборов в нашей стране не организована и если бы не помешала война, мы только в этом году ее закончили бы.

Но все показывает, что изотопная смесь химических элементов в жизненном процессе смещена. Это может считаться сейчас доказанным работами Брюера и других для калия, углерода, азота и водорода и работами нашей лаборатории для кислорода. Нельзя думать, чтобы это было свойством жизни, но в биосфере пока это было известно только в живом веществе. Новые работы нашей лаборатории [26] показали, что изотопическая смесь смещена для кислорода метаморфических минералов (хлориты, серпентины), т.е. минералов, которые образуются при других термодинамических условиях: при более высоком давлении и высокой температуре, чем те, которые наблюдаются в биосфере. Увеличено количество тяжелого кислорода ^{18}O .

То же самое явление *наблюдается в живом веществе* при хлорофилльном процессе, т.е. *при низкой температуре и давлении* окружения живого организма. Явление это находится в стадии изучения, временно приостановленного нашествием варварских гитлеровских орд.

Еще раз подчеркиваю, что этот опыт дает основание думать, что в биосфере в жизненном процессе проявляется то же самое явление, которое в космосе наблюдается только в условиях высокой температуры и давления.

176. Можно различить в организованности (см. § 174) различные ее проявления. Мне кажется, наиболее общим из них с химической точки зрения, будет то явление, которое я выделил в 1928–1931 гг. [27] как *биогеохимические функции* живого вещества. Биогеохимические функции живого вещества распространяются на всю планету, могут выражаться в виде геосфер, и явно не зависят от территориальных условий геосферы. Они определяют в планетном масштабе основные химические проявления жизни и являются основными химическими реакциями живого вещества, поскольку они химически отражаются на окружающей внешней среде. Они являются результатом закономерного проявления миллиардов живых неделимых, выявляющихся взятых в совокупности в определенных химических процессах. Такие функции могут быть разделены на пять групп: I) *газовые функции*; II) *концентрационные функции*, III) *окислительно-восстановительные функции*; IV) *биохимические функции* и V) *биогеохимические функции человека* – Homo sapiens. Вместе взятые, они определяют основные химические проявления живого вещества в биосфере.

В отличие от первых трех групп, четвертая группа – *биохимические функции* – резко отличается тем, что центр ее действия находится не во внешней среде, как для первых трех, а внутри организмов, и теснейшим образом связан с биохимическими процессами, строящими организм (см. § 193 и сл.). Химические процессы, их определяющие, идут внутри тел живого вещества, связаны с их жизнью и смертью.

177. Уже в 1912 г. [28] я отметил замечательную черту в строении нашей планеты, что все газы, образующиеся в биосфере, теснейшим образом связаны своим происхождением с жизнью, с живым веществом, всегда биогенны и изменяются главным образом биогенным путем. Они являются преобладающей массой газов на нашей планете. Это биогенное происхождение выражается в двух резко различных процессах. Во-первых, газовый процесс как прямое выражение жизненного процесса живого вещества – биогенной миграции атомов первого рода (см. § 195). И, во-вторых, биогенный процесс второго рода, когда разрушаются с выделением газов биогенные и биокосные

породы и образования. Эти последние процессы резко выражены в явлениях метаморфизма и вулканизма. Подавляющая часть вулканических и метаморфических газов такого биогенного и биокосного происхождения второго рода. Они выходят из метаморфических и гранитной оболочек. Огромное число вулканических и метаморфических газов по существу является продуктом жизни. Весьма, вероятно, что этого рода газы по весу здесь преобладают. Таковы пары воды, углеводороды, угольная кислота, тиоугольная кислота, аммиак и другие.

В общем масштабе, взятые в целом для всей планеты, биогенные газы этих обеих форм происхождения составляют почти всю газовую массу нашей планеты, всех ее газовых оболочек, и, мне кажется, едва ли можно говорить о более чем немногих процентах по весу газов другого происхождения на нашей планете, идущих из космических пространств или образующихся в вулканических очагах вне пород биогенного происхождения. Для метаморфических оболочек мы сейчас не знаем газов явно не биогенного происхождения, так как осадочные породы играют огромную роль в их образовании и в образовании более глубокой гранитной оболочки.

Два основных газа, по массе преобладающие на нашей планете, вода и угольная кислота, существующие на ней во всех трех физических состояниях – твердом, жидком, газообразном – неразрывно связаны с живым веществом, и мы не можем отделить ту их часть, которая материально не биогенного происхождения.

В результате суммарного действия живого вещества создаются все основные газы тропосферы и более высоких газовых оболочек – N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 и др.¹, и определяются между ними количественные соотношения. Их состав количественно неизменен в ходе геологического времени, сколько мы можем сейчас судить, и для господствующих газов, в подавляющей массе биогенного происхождения, *выражается в неизменности процентного количественного и объемного соотношений между N_2 и O_2 в тропосфере и стратосфере, и в независимости этого соотношения от химических реакций, ими производимых, перехода их в соединения и ухода их в космическое пространство.* По весу это преобладающая часть тропосферы, В результате жизнь – живое вещество создает тропосферу (см. § 155 и сл.) и непрерывно ее в динамическом равновесии поддерживает около некоторого статического равновесия.

Является научным эмпирическим фактом, что тропосфера не есть астрономическое явление, а есть планетное явление, созданное живым веществом.

Так как стратосфера и ионосфера материально неотделимы от тропосферы, то можно это выразить в более общей форме, что атмосфера нашей планеты в ее подавляющей по весу части – есть создание ее жизни, живого вещества, являющегося выражением ее биогеохимической газовой функции, а не астрономическое явление (зависящее в главной своей части от всемирного тяготения) по своему существу.

С точки зрения планетной астрономии важно отметить, что теоретически быстрота создания газов живым веществом может быть так велика, что

¹ Подавляющая часть паров воды тропосферы непрерывно проходит через живое вещество.

атмосфера этим путем может быть создаваема и быть длительной, особенно для относительно более тяжелых газовых частиц, например для азота или кислорода и для малых планет, и для спутников, сила тяготения которых считается астрономами недостаточной для создания атмосферы [29], потому что скорость отлета для легких газов чрезвычайно велика.

Атмосфера, как мы ее наблюдаем, есть статическое состояние динамического равновесия: газ приходит, и газ уходит. И если приход какого-нибудь газа биогенного происхождения превышает его уход, идет более быстро, чем «отлет» под влиянием тяготения (или равен ему), он может скопиться около планеты не только потому, что сдерживается силой всемирного тяготения. Он сохраняется потому, что не успевает уйти.

Среди газовых функций мы можем выделить как основные: 1) *кислородно-углекислотную функцию*; 2) *углекислотную функцию, независимую от кислородной*; 3) *озонную и перекись-водородную функцию*; 4) *азотную функцию*; 5) *углеводородные функции*; 6) *отдельно от углеводородных должна быть выделена терпеновая функция*, так как число различных терпенов должно исчисляться тысячами видов; отдельно можно поставить запахи планеты, явления, по-видимому, большого планетного значения, совершенно почти научной работой не затронутые и химически чрезвычайно разнообразные (см. § 183); 7) *сероводородная функция*. Этот список далеко не полон, но касается тех функций, о которых мы имеем более или менее ясное представление.

Необходимо обратить внимание, как недавно указал акад. Н.Г. Холодный [30], что в почве, в подпочве и в верхней части коры выветривания скопится значительное число разнообразных биогенных газов, совсем неизученных и, может быть, объясняющих тот новый мир микроскопической жизни, который его новой методикой открывается. Это явление требует чрезвычайного внимания.

Строение этой газовой атмосферы очень своеобразно, она является мозаичной микроатмосферой, химически различной в небольших участках почвы. Н.Г. Холодный обратил при этом внимание, что микрофлора и микрофауна этих участков различны.

178. Каждый хлорофилльный зеленый организм является носителем кислородно-углекислотной функции. Почти весь свободный кислород в пределах геохор и гидросферы создается только хлорофилльной растительностью под влиянием световой энергии Солнца в определенных пределах видимого солнечного спектра из углекислоты, воды и, может быть, нитратов.

Лик нашей планеты для наблюдателя, вне ее находящегося, ее геохор – материков и островов, кажется зеленым. Такими же, в меньшей степени, должны являться из-за пределов планеты и океаны из-за их планктона.

Весь животный мир, и человек в том числе, взятый в целом, требующий для своей жизни свободного кислорода, являются придатком хлорофилльных организмов. Без них он не мог бы существовать. Хлорофилльные растения являются автотрофным живым веществом. В отсутствие их наземный животный мир позвоночных должен был бы исчезнуть. Независимо от хлорофилльных растений, от свободного кислорода существует мир микробов и бактерий, грибов, которые являются или паразитами хлорофилльного или животного вещества, или используют энергию биогенных минералов и горных пород, например нефтей. По-видимому, этот мир как раз существует

на Венере и Марсе, и, вероятно, он в докембрийскую эру и, может быть, в кембрии господствовал на нашей планете, так как мощная наземная растительность суши развилась после кембрия или в конце кембрия. Кислород, выделяемый хлорофилльными растениями, входит в бесчисленные реакции, образуя богатые кислородом минералы, и поддерживает всю хлорофилльную и наземную животную жизнь. Вся верхняя часть литосферы им окислена. Закисные соединения железа, марганца, ванадия, меди, хрома и т.п. перешли в окисные. Очевидно, живое вещество создает его в избытке, и этим путем возмещаются тысячи реакций химического окисления и дыхания организмов (борьба за газ) [31]. Одновременно при дыхании выделяется угольная кислота в соответствующем масштабе. Можно сказать, что свободный кислород на нашей планете в своей подавляющей массе создается кислородно-углекислотной функцией живого хлорофилльного вещества.

Надо иметь в виду, как указано в § 169, что хлорофилл при этом в огромном большинстве случаев, если не всегда, находится в виде особых микроскопических телец, хлоропластов, которые размножаются делением. Кроме этого процесса, мы не знаем сейчас процессов значительно меньшего масштаба, и, вероятно, наши знания еще увеличатся, и мы сможем тогда оценить планетное значение этой функции живого вещества во всей его силе. Прежде чем перейти к этому, я отмечу вкратце те процессы, которые нам сейчас известны и которые, вероятно, в ближайшее время уточнятся. Тогда мы сможем больше оценить их планетное значение.

В § 149 я указал на непрерывное образование свободного кислорода в широко распространенных на нашей планете подземных радиоактивных водах, содержащих радий и радон, как в пределах биосферы, так и в более глубоких оболочках. Процесс этот совершенно не изучен и является неизбежным следствием действия α -лучей (в форме быстро движущихся дважды ионизированных атомов гелия He^{2+}). Там же я указал и на другой пока совершенно не изученный, но, по-видимому, несомненный случай образования свободного O_2 в рассолах соленых озер. Нам эти процессы и другие, пока неизвестные, представляются ничтожными по сравнению с кислородно-углекислотной функцией хлорофилльных растений. Однако окончательно судить мы пока не можем и должны направить на это исследовательскую мысль.

Мы знаем и другую форму образования свободного кислорода, более легкого одноатомного кислорода O_1 , обладающего мощной свободной энергией, который образуется в ионосфере и, вероятно, в стратосфере под влиянием космических излучений и ультрафиолетовых лучей нашего Солнца, разлагающих молекулу O_2 (см. § 96). Здесь постоянно идет процесс, который можно выразить динамическим равновесием: $2\text{O}_1 \rightleftharpoons \text{O}_2$. Вместе с озоновым экраном (см. § 97) этот процесс играет огромную роль в организованности нашей планеты.

Вместе с азотом биогенный кислород составляет всю тропосферу, одну из основных геосфер биосферы и переходит дальше в стратосферу. Количество его колеблется в ничтожных пределах. В стратосфере и выше кислород подвергается резкому изменению, давая озон (см. ниже озонную функцию), перекись водорода и O_1 , активный, должно быть уходящий в космическое пространство.

Образование хлорофилльным процессом кислорода идет только при освещении хлорофилльных организмов солнечными лучами. Это фотохимиче-

ский процесс, связанный с определенной частью видимого солнечного спектра. Фотохимический процесс для нас не совсем ясен, и возможно образование промежуточного продукта, газообразного, муравьиного альдегида, быстро переходящего в твердые углеродистые соединения растительных тканей, но непрерывно на планете находящегося в свободном состоянии. Количественно процесс не изучен.

Ночью выделение кислорода прекращается, и выступает на первое место *угольная кислота*, которую хлорофилльные растения *выделяют непрерывно при своем дыхании, так же как и животные.*

179. Биогенная угольная кислота образуется и независимо от непосредственной связи с хлорофиллом. Этот процесс, вероятно, очень мощный и разнообразный. Все животные, грибы, бактерии дышат и выделяют угольную кислоту. Роль этой углекислоты увеличивается в области подземной тропосферы, не заключающей кислорода. Здесь господствует азотно-углекисло-водяная тропосфера.

Количественно мы учесть ее пока не можем; она совсем мало изучена. Взятая в целом, однако, она не может быть оставляема без внимания и является биогенной. В ней же резко проявляется *биогенная угольная кислота второго рода*, которая создается в метаморфических оболочках разложением биогенных минералов, благодаря высокой температуре этих оболочек: с одной стороны, каменных углей и битумов, нефтей, а с другой – биогенных известняков, которые выявляются нам как огромный и непрерывно идущий ток метаморфического происхождения биогенной по существу угольной кислоты в подземных водах и в газовых струях. Того же типа угольная кислота выделяется во всех вулканических процессах благодаря разложению биогенных горных пород, разлагаемых лавой и горячими вулканическими газами – битумов, известняков, каменных углей, нефтей и т.п.

Та же самая реакция идет при относительно более низкой температуре при явлениях контактов, связанная со скарнами в метаморфических областях [32].

180. *Озонная и перекись-водородная функция*, в конце концов, генетически связаны с жизнью, так как подавляющая масса кислорода, из которого они образуются, является продуктом живого вещества. Озон (O_3) непрерывно образуется в тропосфере и особенно в стратосфере химическим процессом, который для нас не совсем ясен, благодаря изменению кислорода O_2 , по-видимому, в присутствии воды под влиянием электрических разрядов и ультрафиолетовых лучей Солнца и других космических излучений. Он всегда находится в ничтожных количествах в газовой среде биосферы. Но эти ничтожные количества создают благоприятные условия для развития жизни на нашей планете. Без них она не могла бы здесь существовать. Они обуславливают полную задержку ультрафиолетовых солнечных излучений длиной волны меньше 0,26 мк, непроницаемость для них верхней стратосферы и тропосферы. Мы видим здесь своеобразную организованность нашей планеты, так как биогенный кислород, переходя в озон O_3 , предохраняет жизнь от разрушительного действия ультрафиолетовых лучей Солнца, целиком поглощая те лучи, которые губительны для земных организмов. Жизнь, живое вещество, как бы само создает себе область жизни. Это характерная организованность нашей планеты (см. § 174).

Количественно содержание этих газов ничтожно. Они постоянно исчезают, так как окислительная роль их огромна, они являются переносчиками кислорода. Мы недостаточно изучаем еще этот один из основных химических процессов, идущий в наших газовых оболочках. Химическая метеорология и климатология находятся еще, можно сказать, в первой стадии своего развития, и, мне кажется, это одна из причин их недостаточного использования для прогноза погоды, столь необходимого во всех жизненных вопросах.

В нашей стране количественные наблюдения над озоном и его колебаниями не включены в обычную методику метеорологических станций, но все-таки производятся от времени до времени. Еще хуже обстоит дело по отношению к перекиси водорода, генезис которой до сих пор не совсем ясен. А между тем как раз под Москвой в Петровском-Разумовском проф. Шёне в течение десятков лет вел количественные ее определения и пытался их обрабатывать. К сожалению, эти наблюдения брошены, не обработаны и не сведены к современной методике¹. Генезис перекиси водорода до сих пор, мне кажется, не ясен, и пары перекиси водорода мало изучены. Не исключена возможность ее образования в связи с жизненными процессами в большей степени, чем мы это думаем. Из трех типов простых кислородных соединений – недокси, окиси и перекиси – только окиси достаточно химически изучены.

А между тем в последнее время выясняется огромная роль перекисей в физиологии хлорофилльных растений, и едва ли можно сомневаться в их огромном геохимическом проявлении, с этим связанным. Пока что приходится ждать. То же самое в последнее время выясняется для закисей, например для закиси азота (см. § 181).

181. В § 169, 170 в связи с автотрофностью живых организмов я касался в планетном масштабе значения азота на нашей Земле – *азотной биогеохимической функции*. Учитывая раньше сказанное, я останавливаюсь здесь более подробно на ее характере.

Это одно из главных проявлений жизни в планетном масштабе. Молекулярный свободный азот – N_2 сконцентрирован почти целиком в тропосферах: воздушной, подводной и подземной. Здесь роль его пассивная с интересующей нас точки зрения. Он разбавляет свободный кислород и делает его безвредным для дыхания и, больше того, максимально благоприятным для этого. Вероятно, это выработано в зоны геологических лет эволюционным процессом живого вещества.

В верхних частях тропосферы, в стратосфере и выше, азот переходит в одноатомный азот N_1 , активный и, как более легкий, возможно, уходящий в космическое пространство. Мы видим здесь такого же типа организованность, как и для кислорода (см. § 178). Возможно, в ионосферу из космического пространства входит тот же газ N_1 .

Главная масса свободного азота тропосферы получается из подземной тропосферы в виде азотных струй, минеральных источников. Он создается подземной жизнью. Но, может быть, не меньшее значение имеет (количественного учета у нас пока нет) биогенная реакция того же характера – бактериальная, идущая на всей поверхности океана, главным образом в планктоне и

¹ Было бы желательно выяснить, насколько методика Шёне отвечает современному состоянию науки.

в саргассовых областях: выделение свободного азота азотвыделяющими бактериями при разложении живого вещества, особенно в арктических и антарктических водах.

Обе эти биогенные функции, кислородная и азотная, создают газовую оболочку планеты – наш воздух.

В живом веществе, можно сказать, регулирующую роль в его количестве играют азотистые соединения. Другие, не зависящие от жизни соединения азота на нашей планете находятся в недостаточном количестве по сравнению с напором жизни. Свободный азот в условиях биосферы имеет ряд свойств благородных инертных газов и с трудом входит в соединения; в термодинамических условиях биосферы он является инертным.

Главная масса азотных соединений на Земле находится в виде тел живого вещества¹, в котором азот играет не меньшую роль, чем углерод. Среднее количество азота в земной коре выражается в 0,04%. Живое вещество есть собиратель азота в виде сложных органических соединений в геохимии этого газа.

Среди минералов биогенные азотсодержащие минералы преобладают в биосфере над азотными минералами, образующимися на нашей планете вне явлений жизни. Таковы разные битумы, угли, нефти, а в живом веществе – белки, алкалоиды, аминокислоты, витамины и т.д.

Надо при этом иметь в виду, что минералогия азота до сих пор чрезвычайно мало, как это ни странно, изучена, как вообще мало изучены быстро исчезающие природные соединения и газообразные минералы. Особенно это ярко сказывается в биосфере на быстро поглощаемых живым веществом природных соединениях.

Природные минералы – соединения азота, исходными для которых является фактически нейтральный газ – биогенный азот N_2 , распадаются на две группы.

Первая группа минералов – азотистые соединения, получаемые из молекулярного газообразного азота вне влияния жизни, и вторая – получаемые процессом изменения живыми организмами молекулярного азота.

В первой группе мы имеем два семейства минералов: 1) нитриды, из которых сейчас известны два соединения: железа – *сильвестрит* и кремния – *мариньякит*; оба являются неустойчивыми в наземной тропосфере и более или менее быстро окисляются; 2) окислы азота – *окись и закись азота*, легко растворимые в воде и жадно поглощаемые живым веществом. Они образуются во время грозы и тихих разрядов и под влиянием, может быть, озона и перекиси водорода как в наземной тропосфере, так и во время извержения вулканов. Число гроз, непрерывно в том или ином месте нашей планеты происходящих, – 1800 (см. § 147).

Наземная тропосфера составляет одно целое, и эти газы непрерывно охватывают всю планету. Во вторую группу входят те же окислы азота.

Другой процесс, непрерывно, по-видимому, идущий в рассеянной форме, но на который мы не обращаем внимания как на постоянно происходящий, должен быть нами учтен. Он только недавно нам стал ясным. Это образование аммиака в глубинных водах. Эти воды всегда радиоактивны, и вследствие

¹ Живое вещество – совокупность всех организмов.

этого под влиянием γ -лучей идет разложение молекул воды на свободный кислород и водород (см. § 178). Глубинные воды постоянно заключают соли аммония, на биогенное происхождение которых мы не имеем никаких указаний. Но опыты французского химика Бассета показали, что при давлении 1–3 тыс. атм азот при температурах этих вод неизбежно соединяется с водородом, образуя аммиак. На возможности образования биогенного аммиака в этих условиях у нас нет никаких данных. Этот способ образования аммиака воспроизведен экспериментально.

В связи с этим нельзя оставлять без внимания поднятый французским химиком и биохимиком А. Готье вопрос о нахождении полевых шпатов в вулканических и плутонических породах, в которых часть калия и натрия щелочных металлов замещена аммонием [33].

История азота в биосфере и в окружающих ее геологических оболочках может быть выражена схемой динамического равновесия, непрерывно существующего и выражающего отношения живого вещества к азоту в разрезе биосферы (см. § 182).

В биосфере существует непрерывно восстанавливающееся статистическое равновесие между тропосферой, заключающей инертный азот, газообразные N_2 , и живым веществом, в котором сложные азотистые соединения играют первостепенную роль в создании их тел.

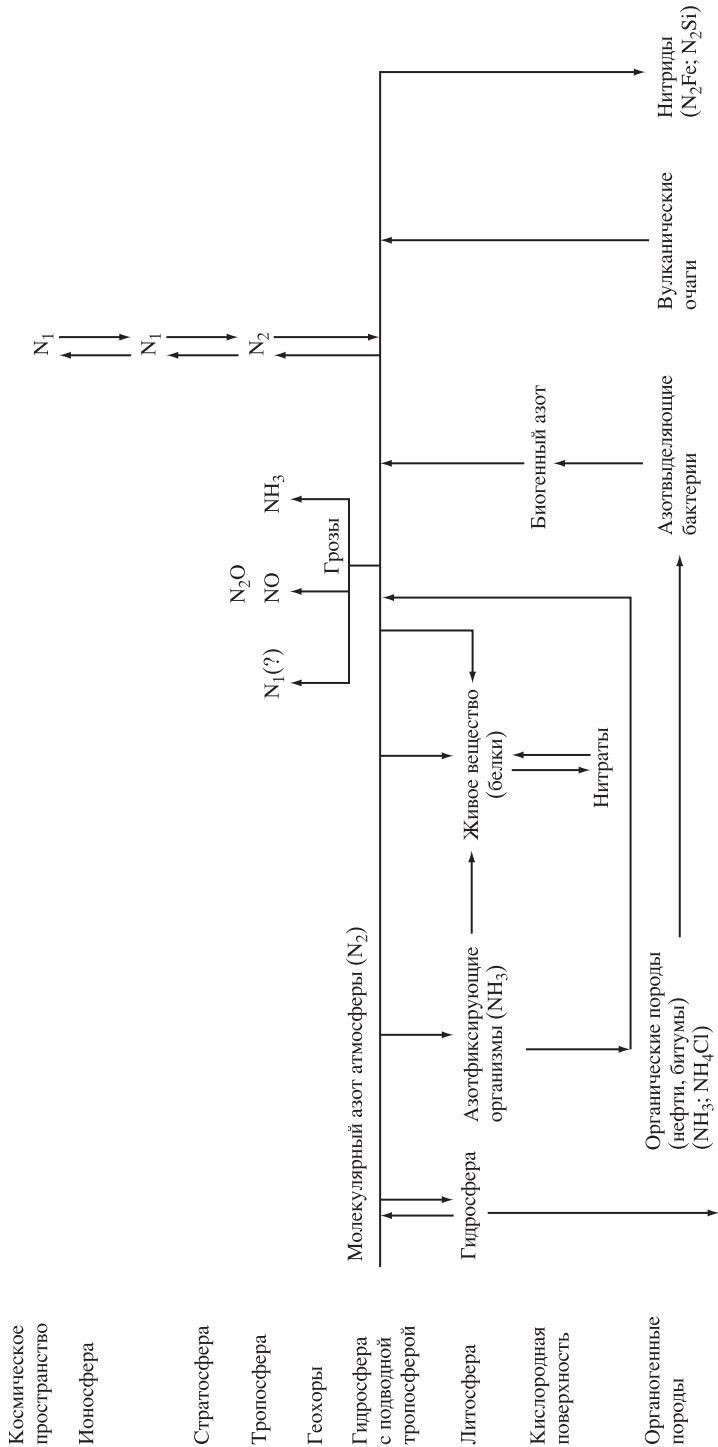
183. *Угледородная функция живого вещества.* Количество разнообразных газов, непрерывно связанных с живым веществом, чрезвычайно велико и чрезвычайно мало изучено в их геохимическом значении.

Тысячи разнообразных газов создаются жизнью, число их все растет по мере хода времени и по мере нашего углубления в изучение геохимических процессов. Тысячи разнообразных *газовых функций* живого вещества нам при этом выявляются. В течение тысячелетий, можно сказать, десятков тысяч лет, со времени овладения человеком огнем количество и разнообразие этих газов все увеличивается, а с середины XVIII столетия, с развитием европейской, в том числе и русской и североамериканской промышленности, темп внедрения новых газов фактически «биогенных второго рода» – продуктов жизни культурного человека – увеличивается с каждым десятилетием, можно сказать, в геометрической прогрессии качественно и количественно.

Здесь мы встречаемся как раз с тем явлением, которое характеризует живое вещество планеты и резко химически отличает его от ее косного вещества. Оно заключается в следующем. В то самое время, как количество минералов – химических соединений, им отвечающих, – исчисляется немногими тысячами (см. § 188), число различных природных органических соединений, строящих тело живого вещества, исчисляется сотнями тысяч, вернее миллионами, так как в них сказывается индивидуальность, которая в такой степени никогда не встречается в минералах, где есть индивидуальность месторождений, но не индивидуальность особей.

Подводя итоги моей научной жизни в этой книге, я неизбежно касаюсь своей работы в историческом ее аспекте и позволяю себе для большего уяснения своей мысли вспоминать прошлое. В 1889 г., около 60 лет назад, я начал чтение лекций по минералогии в Московском университете, и передо мной резко стал вопрос, с одной стороны, о том, можно ли считать природные органические соединения, – белки, углеводы, алкалоиды, кислоты и т.д.,

182. Схема круговорота азота



строющие тела живых организмов и являющиеся объектами изучения физиологической и органической химии, – *минералами*. От них есть переходы к органогенным минералам – нефти, угли, битумы, принадлежность которых к минералогии, поскольку это были тела твердые, никем не отрицалась. Эти твердые продукты не были живыми, а были телами или биогенными, или биокосными (см. § 169), вне живого вещества находящимися, перешли в минеральные их продукты.

В эти годы западноевропейские и американские учебники для высших школ по минералогии под влиянием роста и значения кристаллографии ограничивались только твердыми биогенными продуктами, вне живого вещества находящимися. Здесь сказывалась традиция Линнея (1707–1773), который изучал систему минералов так же, как охватывала она растения и животных, т.е. в основе природные твердые (или «полутвердые») естественные тела.

В своем университетском курсе минералогии я исходил в первые же годы моего преподавания из другой точки зрения, близкой к Бюффону, изучения «истории минералов» в их генетических взаимоотношениях, причем неизбежно газы и жидкости вошли в мой кругозор. Знакомясь со старой литературой, я мог проследить, как во второй половине XIX столетия, частью в связи с ростом минералогических музеев, исчезли из кругозора минералогии такие природные естественные тела, как природные воды и природные газы. Еще Гаюи (1743–1822) в Париже в начале XIX в. включал их в свой курс.

Я ввел и жидкие природные естественные тела и газообразные продукты жизненных процессов и процессов, с жизнью не связанных, как такие же минералы, какими являются твердые кристаллические природные соединения. Ввел газы в «Опыт описательной минералогии», к сожалению, в связи с пережитой нами революцией недоконченный, так же как выделил впервые как *минералы* природные воды, число которых достигает многих сотен видов и, вероятно, превысит тысячу, и которые старыми минералогами, как Гаюи, правильно включались в курс минералогии [34].

184. В отличие от биогенных жидкостей биогенные газы попадают неизбежно в газовые атмосферы Земли и дают в них закономерную однородную механическую смесь. Мы не можем остановить этот процесс и не можем с этим не считаться. Число биогенных газов исчисляется уже сейчас сотнями, и, очевидно, оно превышает тысячи. Их роль в биосфере чрезвычайно велика.

Среди них мы имеем сейчас данные для углеводов, количество которых, например, в хвойных лесах в солнечные дни по немногим, правда, количественным определениям, несомненно, достигает нескольких процентов по весу [35].

В зависимости от морфологических свойств организмов число газовых функций живого вещества все растет с ходом знания. Количество одних терпенов, физиологическая функция которых не ясна, ясно для нас сейчас, превысит тысячи, так как виды и разновидности хвойных растений различаются друг от друга по химическому характеру терпенов.

Терпены принадлежат к углеводам. Их физиологическая роль, по видимому, связана с тем, что они в небольших примесях к тропосфере чрезвычайно уменьшают тепловое лучеиспускание нашей планеты в космическое пространство и охраняют растения от ночного теплоизлучения.

Кроме терпенов, и другие углеводороды, например метан при земных условиях, а также этан, пропан, бутан, выделяются в нефтях в газообразном состоянии и находятся в подземной тропосфере при гниении растительных и животных остатков и в связи с температурой нефтяных месторождений.

Выходя на наземную тропосферу, они, как и все запахи, по-видимому, всегда чрезвычайно разнородны и в экономии природы охраняют ночами от теплоизлучения хлорофилльную растительность. Практически человек, принося дымовую завесу, использует ту же функцию растений.

Для запахов совершенно не изучена их роль в переносе в газообразной форме в атмосферу таких более тяжелых атомов, как мышьяк, сера, селен и др. Сейчас можно это только отметить. Как я уже указывал, химическое количественное изучение атмосфер планеты является одной из отсталых геохимических проблем.

185. Мне кажется, что последние работы акад. Н.Г. Холодного выдвигают новую огромную область относящихся сюда явлений, до сих пор наукой совсем не затронутых. Новой методикой исследования почвенных организмов Н.Г. Холодный констатировал в них нахождение новых необычных неизученных, чрезвычайно примитивных форм микроорганизмов. Попутно из его работ следует логический вывод, им не сделанный, что почвенная тропосфера чрезвычайно мозаична, резко разнообразна в разных своих частях.

Ниже, в подпочве, лежит граница кислородной поверхности. Здесь мы должны встретиться с отсутствием кислорода, с преобладанием азотноуглекислотной тропосферы и с мозаичным распределением в разных частях разных биогенных органических газов; с ними связана микрофлора и микрофауна.

Это область явлений, совершенно не изученных, но мне представляется явлением, которое окажется чрезвычайно важным. Пока мы должны не забывать этого пропуска в научной работе почвоведов. До работы Н.Г. Холодного на это же явление обратил внимание и дал целый ряд анализов господствующих газов проф. Дояренко. К сожалению, работа его была прервана в самом разгаре.

186. *Биогенный круговорот воды.* Следующая газовая функция – водная функция, и биогенный ее характер в биосфере бросается в глаза, миллионы лет известен человечеству, лежит в основе его жизни, в основе земледелия.

Мы уже видели значение паров воды в электрической структуре тропосферы (см. § 147). Можно сказать, что весь растительный покров геохор закономерно связан прежде всего с влажностью воздуха, с газообразным и жидким состоянием молекул воды, с парами и каплями. Растительность своими корнями высасывает воду из подземных частей почвы и подпочвы, понижает уровень грунтовых вод и играет основную роль в круговороте воды в нашей планете. Трудно исчислить следствия из этого явления первостепенного значения в истории планеты.

Основное явление в этой области – понижение уровня грунтовых вод – верховодок под лесами было окончательно констатировано Отоцким, имевшим забытых предшественников [36].

Леса и поля являются местами первостепенного значения в этом процессе. Человек, вырубая леса и создавая поля по своему усмотрению и по своим потребностям, меняет характер биосферы, изменяет лик планеты, созда-

ет бесчисленное множество новых в истории биосферы физико-химических процессов, пока действует более или менее бессознательно. В ноосфере урегулирование этой функции человека должно явиться одной из основных черт ее будущей структуры.

187. *Сероводородная и сульфидная функции.* [В рукописи написано: «развить». – Ред.].

188. *Концентрационные функции.* Можно свести все разнообразие концентрационных функций живого вещества к двум большим группам: *концентрационные функции 1-го рода и концентрационные функции 2-го рода.* Концентрационной функцией живого вещества я называю те процессы живого организма, которые сводятся к избирательному выбору организмов из окружающей среды определенных химических элементов.

Концентрационными функциями первого рода я называю захват живым веществом тех химических элементов, соединения которых встречаются в теле всех без исключения живых организмов.

Концентрационные функции второго рода характеризуют некоторые определенные группы живых веществ, а в других могут совсем не находиться.

Концентрация организмами – выбор из окружающей среды процессами жизни – определенных химических элементов, составляющих тело и ткани животных и растений, бросается в глаза и есть наиболее яркое проявление вещественного характера в явлениях жизни. Она создает совокупность живых организмов, т.е. живое вещество.

Природные химические определенные соединения живого вещества резко отличаются от минералов и никогда не образуются в природе на нашей планете обычными химическими процессами, нашей планете свойственными вне жизни. Составляющие их легкие элементы долго признавались особыми органогенными элементами, характерными для живого вещества, и их соединения в организме долгое время не поддавались химическому синтезу вне явлений жизни. Думали, что они создаются особой жизненной силой.

Огромное значение имел, с этой точки зрения, синтез мочевины ($O = C \begin{matrix} / NH_2 \\ \backslash NH_2 \end{matrix}$),

вне организмов и помимо их участия, произведенный Велером в 1824 г. [37]. С тех пор огромное количество органических соединений получено человеком вне организма путем химического синтеза. С тех пор создались особые отделы химии – органическая, физиологическая, патологическая химии и геохимия, которые выявили, что законы химии одни и те же для живых и косных тел. Долгое время в науке царил представитель об особой живой силе организма и об особых органогенных химических элементах, указанных ниже. Оставив в стороне все старые представления, философские и научные, с этим связанные, все же остается факт, что есть группа химических элементов, концентрация которых во всей их совокупности живым веществом есть основное его *планетное свойство.*

Несомненно, основная концентрация химических элементов производится жизнью для построения и поддержания существования своего тела, и есть химические элементы, которые всегда неизбежно находятся в виде не повторяющихся в косной природе соединений в *живом организме.* Эти элементы, конечно, концентрируются для огромного большинства случаев в

форме чрезвычайно сложных, очень больших молекул, наиболее богатых свободной энергией, никогда на нашей планете в косной природе не встречающихся тел, как белки, сахара, алкалоиды, углеводы и еще только что открывающиеся, более сложные, чем белки, тела – энзимы и металлоорганические соединения разного характера. Очень немногие из соединений, создаваемых жизнью, образуются и другими земными процессами, от жизни независимы, как, например, угольная кислота.

Огромное большинство их – белки, углеводы, жиры и т.п. – получаются на нашей планете, только проходя через организм. Есть одно чрезвычайно яркое явление, которое в другой форме выявляет резкое отличие природных химических соединений живого вещества – продуктов биогеохимических процессов Земли – от минералов – продуктов обычных химических реакций Земли. Общих соединений очень мало, и это только наиболее простые соединения, большею частью. Но главное отличие заключается в *количественной их разнородности*. Количество минералов едва ли превышает 3000 видов. Количество химических определенных соединений, составляющих тело организмов, как уже было указано (см. § 183), уже сейчас превышает десятки тысяч видов, может быть сотни. По-видимому, *индивидуальность организмов – неделимых* живого вещества – тесно связана с химическим составом его тел, в таком случае число этих различных химических соединений должно исчисляться десятками, сотнями миллионов, так как уже описано больше 800 000 видов, и число их явно дойдет до двух миллионов и больше видов живых веществ.

Еще другое явление здесь имеет место. В теле неделимых живого вещества *изотопические смеси смещены* (см. § 175), на что я уже указывал. Этого нет в *минералах, образующихся в биосфере*. Из наблюдений Крога [38] видно, что одноклеточные организмы имеют избирательную способность по отношению к изотопам¹.

При суждении о концентрации первого рода мы должны оставить в стороне рассеянные элементы, которые неизбежно проникают все земное вещество, и учитывать только те элементы, которые входят в организмах в химические соединения. Сколько можно судить, следующие элементы находятся, без исключения, во всех живых организмах, т.е. их нахождение должно быть рассматриваемо как *проявление концентрационной функции 1-го рода живого вещества*. Это будут следующие 14 химических элементов: H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe.

Из этих элементов самый тяжелый – железо (атомный вес 55,84), перед ним кальций (атомный вес 40,08). В этот список не включены радиоактивные элементы наиболее тяжелые, как радий или актиний (атомные веса 225,97–227), неизбежные для жизни, так как количество их есть характерный видовой признак [39], но они в химические соединения тел организмов не входят, а являются для *живого вещества источником энергии*.

189. В эволюционном процессе мы имеем недостаточно еще изученные указания на то, что в ходе геологического времени жизни на нашей планете как будто роль отдельных функций 1-го рода резко увеличивается. Эволюци-

¹ Надо думать, что это свойство клетки, так как многоклеточные организмы, так же как и одноклеточные, обладают этой функцией.

онный процесс выяснен путем изучения морфологического изменения живых организмов. Но морфология организмов теснейшим образом связана с их химическим составом.

Наши знания о ходе эволюционного процесса в криптозойской эре чрезвычайно незначительны. Они несколько более точны относительно протерозойской эры, которую я дальше буду относить к криптозойской эре как ее подразделение и буду пользоваться ее синонимом «альгонкская» эра, так как название «протерозойская» неудачно; оно позволяет делать заключение, что было время на нашей планете, когда жизни на ней не было. Но и здесь наши сведения о химическом составе живого вещества еще недостаточны. В альгонкской эре сохранились остатки только бесскелетных организмов, показывающие, однако, мощное и разнообразное развитие морских организмов. Здесь находятся организмы, для которых в следующий кембрийский период мы имеем кальциевые скелетные разности. Были ли эти мягкотелые формы бедны кальцием, мы пока не знаем. Но уже в кембрийской системе мы имеем ясные указания для гидросферы, для которой только мы и имеем ясное представление о характере существовавшей тогда жизни, что в ней был резкий скачок в истории кальция. Неясно, не явился ли в это время кальций впервые в концентрационной функции 1-го рода, или, что вероятнее, его значение усилилось и изменилось для концентрационной функции 2-го рода, благодаря появлению впервые морских и водных вообще организмов, обладающих твердыми, богатыми кальцием скелетными покровами. Возможно, что до этого времени существовала микроскопическая, богатая кальцием жизнь, которая не оставила остатков, или действительно кальций впервые вошел в состав всех организмов.

Американские геологи допускали, что в это время изменился химический состав морской воды, она начала содержать большее количество кальция, чем она содержит в наше время и чем она содержала во все другие геологические периоды, нам известные. Мне представляется это предположение маловероятным. Надо ждать дальнейших новых фактов.

Мы сталкиваемся здесь с явлением, которое невольно ведет нас в глубь эонов веков, к вопросу, к которому, к сожалению, мало подходили чисто научным путем, ко времени появления живых организмов на суше. Эти организмы в палеозое не играют той роли, какую они имеют теперь. Исследование палеонтологической истории дальнейших отрядов, может быть, даже всех отрядов животных и растительных организмов населения суши, приводит нас к заключению, что предки наземных организмов были прежде водными, морскими.

Как будто бы палеонтологически мы можем проследить, что жизнь была в начале морская и что современное население суши в самых видных и геологически наиболее важных своих представителях – позвоночных – лучше изученных, ведет нас как к своему началу – к морю. Такие научные представления в настоящее время господствуют в науке с тех пор, как эволюционный процесс вошел в наше мировоззрение.

Но мы все-таки должны помнить, что в такой всеобъемлющей форме это, с научной точки зрения, является обобщением, выходящим за пределы точного знания. Огромный, по количеству видов преобладающий класс организ-

мов, каким являются насекомые, число видов которых достигает миллионов, не дает нам никаких указаний на такое явление. Мы здесь встречаемся с эволюционной проблемой, которая связана с химическим составом живого вещества.

Другая, более близкая к нам по времени, проблема – это резко наблюдаемый скачок в истории кальция в гидросфере, резкое изменение его концентрации 2-го рода в кембрийской эре. Дело в том, что мы видим в его истории внезапное появление в кембрии морских, богатых кальцием – в виде скелетов и покровов – или кальциевых организмов. Вероятно, до этого кальций находился в какой-то другой форме. Процесс этого изменения эволюционный, совершившийся геологически быстро, и характеризует изменение состояния биосферы. В это время создалась кальциевая биосфера, проявившаяся главным образом в океане. Я вернусь к этому вопросу, когда буду говорить о состояниях биосферы.

Благородные газы, соединения которых в биосфере известны в настоящее время только в виде гидратов, оставлены мной в стороне (за исключением эмания), так как количество их в живых организмах не изучено, и, по-видимому, они попадают туда инертно, в связи с воздухом. Это будут следующие пять элементов: 2 гелий, 10 неон, 18 аргон, 36 криптон, 54 ксенон. Для аргона есть указания о концентрации в живом веществе, непроверенные. Эманий, несомненно, влияет на жизненные процессы и в главной своей части попадает в организм не из воздуха.

Кроме того, ряд химических элементов мало изучен с этой точки зрения, и мы не можем сейчас представить себе их роль в биогеохимических процессах, если они имеют место. Это следующие главным образом тяжелые элементы: 43 мазурий, 44 рутений, 45 родий, 46 палладий, 51 сурьма, 52 теллур, 72 гафний, 73 тантал, 74 вольфрам, 75 рений, 76 осмий, 77 иридий, 78 платина, 80 ртуть, 81 таллий, 83 висмут, 91 протактиний; всего 17 элементов. К ним надо присоединить еще редкие земли – 15 элементов, от 57 лантана до 71 лютеция. Над нахождением этих элементов в живом веществе идет несколько лет работа Биогеохимической лаборатории, пока не давшая определенных результатов. Таким образом, мы оставляем сейчас в стороне, не имеем данных об их отношении к живому веществу для 37 химических элементов. К ним надо присоединить еще два 85 и 87, еще с точностью не открытые. Таким образом, современное наше знание о химическом составе живого вещества для 39 химических элементов, т.е. 42,6% всех элементов, не существует. Оно быстро увеличивается, но все же предстоит большая работа. Мы должны это учитывать и не делать окончательных выводов, но один вывод здесь должен быть подчеркнут. Химические соединения – органические продукты концентрации 2-го рода резко отличны от продуктов концентрации 1-го рода. Они, во-первых, не так многочисленны и не выявляют индивидуальные особенности неделимых, как это видно для соединений концентрации 1-го рода. Но, кроме того, этим путем получают соединения более стойкие, прочные, устойчивые в условиях биосферы, могущие здесь сохраняться без изменения миллионы лет.

Бросается в глаза необычайная инертность конечных продуктов распада органических соединений живого вещества, являющихся нам в виде минера-

лов углерода, по выражению Ракузина (?), по сравнению с теми соединениями, которые в конце концов в них переходят, каковы, например, белки животного и растительного царства.

Сюда относятся такие тела, как богатый азотом хитин или магнием хло-рофилл, щавелевокислый кальций, углекислый кальций и т.д. Эти тела ближе к минералам, чем к белкам, углеводам, энзимам и т.п. К сожалению, они почти не изучены с этой точки зрения, и я могу это только отметить (см. § 191, табл. 22).

190. Обратимся к *концентрационной функции 2-го рода*. По мере изучения геохимических процессов мы видим, что *взятое в целом* живое вещество охватывает все химические элементы без исключения, создавая в связи с их концентрацией новые морфологические виды и роды.

Обычно роль их в геохимии такого элемента чрезвычайно велика, и в некоторых случаях биохимическая концентрация этого элемента является характерной и важной в его земной истории. Концентрация 2-го рода захватывает все элементы, в том числе и те 14, которые находятся во всех организмах (см. § 188), и все организмы.

Мы должны различать здесь концентрацию как по отношению к данному организму, когда она составляет больше 10% его веса или его атомного состава, так и концентрацию по отношению к среднему количеству данного элемента в природном его нахождении. Концентрация в 10% является условной и, вероятно, изменится при дальнейшем исследовании этой, мало обращавшей на себя внимание натуралистов, области знаний. Я буду называть организмы с такой концентрацией организмом по элементу: *кремниевым, серным, железным и т.д.* Другое различие выявляется в концентрации более редких элементов, в несколько раз превышающее среднее их нахождение в окружающей среде, процентное весовое или атомное. Условно я предложил бы при увеличении больше чем в 10% весового среднего содержания данного элемента в организме, по сравнению со средним его содержанием в среде, в которой данный организм живет, называть такие организмы *богатыми* данным элементом. Оба таких подхода ярко определяют значение тех или иных организмов в геохимии отдельных химических элементов.

При современном состоянии знаний попытка сводки, которая здесь делается, должна рассматриваться как предварительная; она сильно изменится при дальнейшем ходе исследования. Но все же, мне кажется, из нее видно огромное значение явлений жизни для круговорота вещества на нашей планете.

Я сведу современное состояние знаний в виде особой таблицы в следующем параграфе (см. табл. 22) – концентрации 2-го рода живым веществом химических элементов в отдельных морфологических подразделениях организмов. Элементы в ней распределены по порядковым номерам. При таком рассмотрении проявляются некоторые свойства живого вещества, которые обыкновенно в общезнании мы совершенно забываем.

Одним из таких свойств является чрезвычайное преобладание, особенно если мы будем рассматривать в атомном аспекте, двух элементов, отчасти трех: водорода, кислорода и углерода. По отношению к первым двум это

191. Концентрация 2-го рода химических элементов в связи с морфологическим составом живого вещества

Порядковый номер хим. элемента	Элемент	Концентрация	Организмы	Примечание
1	Водород	1. Водородисто-кислородные организмы 2. Богатые водородом	Подавляющее количество водных организмов (пресноводных и морских) бесскелетных. Многочисленные наземные организмы Сюда, должно быть, относятся такие организмы, как водородистые бактерии	Указанная (см. § 190) роль воды, в которой концентрируются эти элементы, ставит роль этих двух элементов в живом веществе в исключительное положение Анализ нет. Вероятно, бактерии, выделяющие сероводород, должны быть сюда отнесены
3	Литий	1. Богатые литием 2. Обычные организмы	Некоторые наземные цветковые растения	Количественное распределение лития в организмах только что неясно. Ввиду малого атомного веса лития весовой процент его дает ложное впечатление
4	Бериллий	1. Богатые бериллием 2. Обычные	То же	То же
5	Бор	1. Богатые бором 2. Обычные	То же	То же
6	Углерод	1. Углеродные организмы	Лишайники в сухое время года. Многочисленные организмы в состоянии латентном, например семена в зрелом состоянии и т.п.	Как это ни странно, но концентрация углерода до сих пор мало обращала на себя внимание. По видимому, такое обогащение получается в организмах, чрезвычайно бедных водой, каковы, например, лишайники в сухое время. Количество углерода может повышаться

Таблица 22 (продолжение)

Порядковый номер хим. элемента	Элемент	Концентрация	Организмы	Примечание
		<p>2. Богатые углеродом</p> <p>3. Обычные организмы. Более 1% по весу углерода</p> <p>4. Бедные углеродом</p>	<p>Многие организмы планктона, исключительно богатые водой</p>	<p>Вероятно, сюда должны быть отнесены все организмы водородисто-кислородные</p>
7	Азот	<p>1. Азотные организмы</p> <p>2. Богатые азотом</p>	<p>Многочисленные азотфиксирующие одноклеточные организмы, в почвах и в водах, в том числе и в океане. Они собирают азот, окисляя его</p>	<p>Анализ нет</p>
8	Кислород	<p>Водородисто-кислородные организмы, см. водород</p>		
9	Фтор	<p>2. Богатые фтором организмы</p>		<p>Фтор скапливается главным образом в костях позвоночных и в покровах ракообразных, главным образом в виде химических соединений, близких к апатитам, нередко фтор-апатитам</p>
11	Натрий	<p>1. Натровые организмы</p> <p>2. Богатые натрием</p> <p>3. Обычные организмы</p>	<p>Флора солончаков, особенно Salsola и другие; содержит насыщенные растворы натровых солей, высасывают натрий из почвенных вод</p> <p>Большинство морских водорослей.</p> <p>Флора солончаковых и многие другие наземные галофиты</p>	<p>К сожалению, это явление очень мало изучено. Количественное исследование стоит на очереди и может быть быстро сделано</p>

12	Магний	<p>1. Магниевого организма</p> <p>2. Богатые магнием организмы</p> <p>3. Обычные организмы $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ Mg</p>	<p>Литогамные водоросли (например, <i>Lithothamnium</i>, <i>Coralina officinalis</i> и др.)</p> <p>Все хлорофилльные организмы, бедные «скелетом» одноклеточные и травянистые. Некоторые Bryozoa, трубки некоторых Annelidae (Serpula). Большинство Echinodermata, Porifera, Foraminifera. Некоторые Coelenterata, например Alcyonaria</p>	<p>Для магния характерно его вхождение в хлорофилл, огромное значение которого не возбуждает сомнения. Он образовался, по-видимому, в докембрии. Магневых наземных организмов не было найдено</p> <p>Как будто, есть группа очень бедных магнием организмов (шляпочные грибы, некоторые лишайники)</p>
13	Алюминий	<p>1. Алюминиевые организмы</p> <p>2. Богатые алюминием организмы, до 2% Al</p> <p>3. Обычные организмы</p>	<p>Лусордиacea, водоросли. Некоторые Proteaceae (<i>Ozitis excelsa</i>) и многие гидрофиты и водные растения</p> <p>Все другие организмы</p>	<p>Если верны анализы Джаксона, Stepanovich должна быть отнесена сюда</p>
14	Кремний	<p>1. Кремниевые организмы, более 10%</p> <p>2. Богатые кремнием организмы, около 1–2% кремния в живом веществе</p>	<p>Диатомеи, тысячи видов Siliocollellateae, например Dichtiochaete Heliszoa, некоторые кремниевые Clathulina, песчаные Foraminifera, кремниевые губки, радиолярии Ферробактерия. Злаки, например, все культурные злаки и т.п. Хвощи (например, Equisetum Telmateja – минимум 2% Si в живом веществе), некоторые лишайники (Variolaria adealbata > 2% Si). Некоторые Ericaceae, Sурегaceae и многие другие)</p>	<p>Едва ли можно сомневаться, что дальнейшие работы откроют нам здесь многое, чего мы сейчас себе не представляем</p>

Таблица 22 (продолжение)

Порядковый номер хим. элемента	Элемент	Концентрация	Организмы	Примечание
15	Фосфор	3. Обычные организмы $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-3}\%$ 1. Фосфорные организмы 2. Богатые фосфором организмы около 1% Р 3. Обычные организмы	Большинство растений, многие семена, например овес. Позвоночные организмы, например оца Дрожжи. Некоторые трубки Annelidae (Onuphis и т.д.). Все позвоночные. Некоторые мелкие Soreroda и т.д. Все остальные организмы	Может быть, надо выделить сюда некоторые из организмов, вроде Lingula, скелет раковины которых состоит из фосфата $3Ca_3P_2O_8Ca(Cl, F)_2$?
16	Сера	1. Серные организмы 3. Обычные организмы	Некоторые из серных бактерий, выделяющие самородную серу	
17	Хлор	2. Богатые хлором организмы. Около 1% Cl 3. Обычные организмы $n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-3}\%$	Галофиты морских берегов: Chenopodiaceae, Frankeniaceae, Plumbaginaceae, Arenaria media. Особенно Salsola kali, Salicornia herbacea Все другие организмы	
19	Калий	2. Богатые калием организмы, до 3% на живое вещество 3. Обычные организмы	Некоторые гигантские водоросли (например, Macrocystis, Pelagorhucus). Относительно высокое содержание калия в некоторых наземных растениях, например Setaria germanica, Senecio vulgaris, Spartium scoparium, Senecio Jacobaea, Vastuca sativa, Achillea millefolium. Древесные растения, подсолнечники и т.д. Большинство растительных и животных организмов	Возможно нахождение калиевых организмов среди одноклеточных

20	Кальций	<p>1. Кальциевые организмы</p> <p>Многочисленные и разнообразные водоросли <i>Socolithophoridae</i>, <i>Chroococaceae</i>, <i>Characeae</i>, <i>Dasycladaceae</i>, <i>Dictyotales</i>, <i>Corallinaceae</i>, <i>Oscillatoriaceae</i>, <i>Revulariaceae</i>, <i>Oedogoniaceae</i>, <i>Codiaceae</i>, <i>Lithothamnium</i> и т.д. <i>Mollusca</i>, <i>Foraminiferae</i>, <i>Brachiopoda</i>. Некоторые <i>Crustacea</i>. Трубочки некоторых <i>Amelidae</i>. Некоторые бактерии (<i>Vacterium calcis</i>)</p> <p>2. Богатые кальцием организмы...% Ca (бык 1,15% Ca)</p> <p>3. Обычные организмы $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}\%$</p>	<p>Многочисленные и разнообразные водоросли <i>Socolithophoridae</i>, <i>Chroococaceae</i>, <i>Characeae</i>, <i>Dasycladaceae</i>, <i>Dictyotales</i>, <i>Corallinaceae</i>, <i>Oscillatoriaceae</i>, <i>Revulariaceae</i>, <i>Oedogoniaceae</i>, <i>Codiaceae</i>, <i>Lithothamnium</i> и т.д. <i>Mollusca</i>, <i>Foraminiferae</i>, <i>Brachiopoda</i>. Некоторые <i>Crustacea</i>. Трубочки некоторых <i>Amelidae</i>. Некоторые бактерии (<i>Vacterium calcis</i>)</p> <p>Млекопитающие, большая часть позвоночных. Большинство водорослей. Лишайники. Многие раковины моллюски. Лишайники. Многие цветковые растения. Некоторые голотурии и т.д.</p> <p>Разнообразные представители флоры и фауны из разных классов</p>	<p>Для кальция мы имеем совершенно ясное изменение функций в кембрий, когда впервые появились несколько сот миллионов лет тому назад кальциевые скелетные морские организмы</p> <p>Есть, по-видимому, организмы, очень бедные кальцием, например некоторые грибы</p>
21	Скандий			<p>Легкий элемент – скандий, по свойствам близкий к редким землям, совершенно сейчас упущен в химических анализах живого вещества. Одна из очередных задач геохимии – выяснение его нахождения в организмах вместе с редкими землями. Эта задача уже несколько лет поставлена и ведется нашей лабораторией</p>
22	Титан	3. Обычные организмы		<p>Этот легкий элемент в земной коре по табл. Кларка–Филлипса–Фохта, десятый по распространенности, совершенно не изучен с точки зрения живых веществ, хотя, по исследованиям нашей лаборатории, находится во всех организмах, где его искали. Данные Кларка и других тесно связаны с биосферой, как мною указано раньше</p>

Таблица 22 (продолжение)

Порядковый номер хим. элемента	Элемент	Концентрация	Организмы	Примечание
23	Ванадий 50,95			Находится в том же положении, как титан, но гораздо меньше распространен, чем титан
24	Хром 52,01			См. титан и ванадий. В нашей лаборатории не исследовался
25	Марганец 54,93	2. Богатые марганцем организмы	По-видимому, есть богатые марганцем бактерии и грибы (одноклоточные), но не изученные	По всей видимости, есть марганцевые микроорганизмы, так как вероятно биогенное происхождение мощных марганцевых руд (Чиагуры)
26	Железо 55,84	1. Железные организмы, свыше 20% Fe 2. Богатые железом организмы 3. Обычные организмы, $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-3}\%$	Железобактерии. Некоторые Foraminifera (например, Narphragmium latidoorsatum до 11,4% Fe). Некоторые Desmidiaceae. Некоторые водоросли из Coniferua, Oscogoniaceae. Может быть симбиоз с ферробактериями. Целый ряд железных руд, самых богатых скоплением железа, начиная с докембрия и кончая третичными, явено биогенного происхождения Некоторые лишайники. Тгара patans. Многие водные растения	Может быть, помимо железобактерий, некоторые другие бактерии. Может быть, некоторые инфузории. Концентрация железа, по-видимому, более часта, чем мы это сейчас считаем
27	Кобальт 58,94	2. Богатые кобальтом организмы	По-видимому, кобальтобактерии. Некоторые асболаны и руды бурых железняков, богатых кобальтом, явно биогенного происхождения	

28	Никель 58,69			Работы нашей лаборатории не дали указаний на нахождение никелевых и богатых никелем организмов. Возможно, что это связано с устойчивостью двухвалентного никеля в биосфере
29	Медь 63,57	2. Богатые медью организмы 3. Обычные организмы	Есть плесневые организмы, питающиеся медью и живущие на металлической меди. Есть медные пасы цветковых растений (Пратт в Праге)	По-видимому, есть богатые медью организмы из бактерий и низких грибов. Возможны ее скопления и в более высших организмах, листьях, перьях птиц
30	Цинк 65,38	2. Богатые цинком организмы, около 1% 3. Обычные организмы	Микрофлора около цинковых источников. Очень богатые организмы	Много цинка в растениях на галмейных почвах, в частности, в так называемой галмейной флоре. Вероятно, есть разности плесневых грибов, богатых цинком, и есть бактерии, разьедающие цинковые изделия. Эти явления, сколько знаю, не изучены
31	Галлий 69,72	3. Обычные организмы		
32	Германий 72,6	3. Обычные организмы		Не исключена возможность нахождение богатых германием организмов в связи с тем, что некоторые слои каменных углей являются германиевой рудой
33	Мышьяк 74,33	3. Обычные организмы		Возможно нахождение богатых мышьяком организмов. Известное обогащение отмечено в классе рыб (морских)
34	Селен 78,96	2. Богатые селеном организмы	В морском иле находятся одноклеточные организмы, богатые селеном	

Таблица 22 (продолжение)

Порядковый номер хим. элемента	Элемент	Концентрация	Организмы	Примечание
35	Бром, 79,92	2. Богатые бромом организм 3. Обычные соединения	(Балтийское море). В семенах ячменя концентрируется в известных случаях селен, вызывая заболевания	
37	Рубидий 85,45	Обычные рубидиевые организмы		Не исключена возможность нахождения богатых рубидием организмов. Нахождение рубидия в организмах мало обращало на себя внимания
38	Стронций 87,63	3. Обычные организмы		Не исключена возможность нахождения богатых стронцием организмов. Нахождение стронция в организмах мало обращало на себя внимания
39	Иттрий 85,93			То же, что и скандий
40	Цирконий	3. Обычные организмы		
41	Ниобий 92,01			Нахождение ниобия совсем не изучено. Но я считаю необходимым здесь упомянуть, что в моих старых работах я встретился с чистым ниобатом калия, в котором мощно развивались и внутри плавали шарообразные плесневые грибы. Геохимия ниобия требует внимания и совершенно неясна

42	Молибден 96,0	3. Обычные организмы		Выявившееся в последнее время большое биологическое значение молибдена заставляет ожидать, что могут быть богатые молибденом организмы
47	Серебро 107,88	3. Обычные организмы		
48	Кадмий 112,41	3. Обычные организмы		
49	Индий 118,7	3. Обычные организмы		
50	Олово 118,7	3. Обычные организмы		
53	Иод 126,92	2. Богатые иодом организмы, до 1% J 3. Обычные организмы. Наземные $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-6} \% J$	Некоторые тропические губки из Comptosporiidae, например Euspongia, Hippospongia. Некоторые Alcyonaria, например Gorgonia savolini и др. Coelenterata. Морские водоросли Laminaria, Fucus и др. В красных водорослях Phyllophora и др.	Есть определенные соединения иода в губках, например иодоспонгин и т.п.
55	Цезий 132,81	3. Обычные организмы		Не исключена возможность богатых цезием организмов в бактериях
79	Золото 197,2	3. Обычные организмы		Не исключена возможность некоторой концентрации золота
82	Свинец 207,22	3. Обычные организмы		В виде тончайшей пыли во всем живом веществе идет непрерывно выделение атомов тяжелых свинцов, образующихся в результате радиоактивного распада
84	Полоний 210	3. Обычные организмы	Всегда находится в организмах в немалом количестве как продукт изменения радия	Как элемент, обладающий большой энергией, не может быть безразличен для живого вещества

Таблица 22 (окончание)

Порядковый номер хим. элемента	Элемент	Концентрация	Организмы	Примечание
86	Эманий 222	3. Обычные организмы		Эманий в виде трех изотопов: радона, торона и актинона – находится во всех организмах, образуясь из урана, тория, актиноурана или производных от них атомов. Выясняется важная роль его как удобрения
88	Радий 225,97	3. Обычные организмы		Работы нашей лаборатории показали, что радий закономерно встречается во всех организмах и является видовым признаком. Его значение для жизни как источника энергии мне кажется очень большим. Его изотопы Ms-Th и Th тоже могут захватываться живым веществом и иметь значение
89	Актиний 227	3. Обычные организмы		Работы нашей лаборатории показали, что актиний концентрируется организмами. Так как актиний в тысячу с лишним раз (больше 10^3 раз) сильнее радия, его концентрация не может быть безразлична [43]
90	Торий 232, 12			Торий не входит в водные растворы нашей планеты, и в живом веществе могут находиться и находиться, по работам нашей лаборатории, только его изотопы, именно радиоторий
92	Уран 238, 14	3. Обычные организмы		Только в последнее время удалось точно количественно определять те ничтожные количества урана, которые находятся в организмах. Его концентрация не безразлична

очень красиво выявляется в афоризме Р. Дюбуа, который я уже упоминал (§ 54), что организм является «eau animée» – «одушевленной водой»¹.

Натурфилософы прошлого столетия, придававшие особую роль и значение кислороду, пытались неудачно опереться на этот факт для своих философских выводов об особенностях этого элемента, от которых ничего не осталось к нашему времени. В некоторых, даже больших, водных организмах, например для медуз, количество «воды» доходит до 99,9% по весу. Только 0,03% отличают их от химически чистой воды и на долю всех остальных 12 химических элементов (§ 44) приходится всего три сотых процента их веса. Медузы – тела очень сложные, подвижные, хотя и временные стадии в жизни данного организма.

Надо отметить, что с этого рода явлениями стоит в связи, сколько я могу судить, малозатронутая и упущенная из кругозора современной науки проблема, поставленная в середине прошлого столетия знаменитым путешественником по Африке Ливингстоном [40], о синтезе воды насекомыми в жарких безводных пустынях и полупустынях Южной Африки.

Для подавляющего большинства морских организмов и для многих одноклеточников преобладание этих двух элементов – их концентрация этим путем, т.е. введением большого количества «воды», необходимой для их жизни, является характерной. Для наземных организмов, особенно для хлорофилльных растений, выступает и третий господствующий элемент – углерод.

192. Окислительно-восстановительные функции. Можно различить две противоположные биогеохимические функции, которые и в природе находятся в известной корреляции и которые тесно связаны с историей свободного кислорода – молекулы O_2 – в биосфере, который, насколько мы знаем, почти нацело создается живым веществом.

Из независимых от живого вещества процессов его образования можно отметить пока в биосфере только один, который, по-видимому, играет очень ограниченную роль в окружающей человека среде, но который далеко не безразличен в области подземной жизни за пределами кислородной поверхности (см. § 148). Это образование свободного кислорода и водорода O_2 и H_2 разложением молекулы воды радиоактивным процессом, главным образом под влиянием α -излучений [44]. По-видимому, этот процесс имеет важное значение в образовании нефти, большое значение α -частиц для генезиса которой должно быть принято во внимание [45]. Этим путем создается кислород далеко за пределами кислородной поверхности, в глубоких слоях биосферы. Явление почти совсем не изучено, как совсем не изучены явления подземной жизни. Яркий случай относящегося сюда явления мы видим в нахождении пурпурных бактерий, требующих для своей жизни небольшого количества свободного кислорода O_2 . Пурпурные бактерии, может быть новый вид, окрашивают в буровых скважинах около Баку [46] поднимающуюся минеральную воду в пурпурный цвет с глубины около 2 км непрерывно в течение уже

¹ К сожалению, сложный характер этой «воды» совсем еще не затронут точным знанием. По-видимому, мы имеем дело здесь не с механическим явлением, а с чрезвычайно тонкой и своеобразной организованностью молекулы воды – с органическими соединениями протоплазмы. Это один из вопросов, который был поднят в Биогеохимической лаборатории Академии наук в начале 1930-х годов, но мощность ее оборудования не позволила по-настоящему подойти к решению этого вопроса. Это дело будущего.

нескольких лет. Хлор-натро-кальциевая вода этих скважин содержит радий и мезоторий первый. Оба эти изотопа радия должны разлагать молекулы воды α -лучами и давать для пурпурных бактерий свободный кислород. Пурпурные бактерии являются одними из тех организмов, которые требуют небольшого количества свободного кислорода для своей жизни. Но, помимо этих глубинных процессов, биогенные процессы окисления и восстановления имеют мощное развитие на земной поверхности.

Можно различить здесь отдельно: 1) окислительную и 2) восстановительную функции.

1. *Окислительная функция* – окисление более бедных кислородом соединений (в почвах, в коре выветривания и в гидросфере): солей, закиси железа и закиси марганца, нитритов, дитионатов, H_2S , N_2 и т.п. Эти реакции, по-видимому, имеют место для всех соединений элементов, способных в биосфере давать несколько стадий кислородных соединений, т.е. для В, Cl, Ti, Se, Br, Fe, Mn, S, Cu, N, C, H, P, V, Cr, Ni, Co, As, Sb, Pt, J, Bi, U, Y, Nb, Mo, In, Te, Au, Tl, W, редких земель. Окислительная функция характерна для бактерий и, может быть, для грибов, большею частью автотрофных.

2. *Восстановительная функция* – резко выражена для сульфатов созданием H_2S , FeS, FeS_2 . По-видимому, очень распространена и для других металлических соединений (ZnS , CuS ¹) частью непосредственно, частью через биогенный H_2S . Агентами этой функции являются в природе многочисленные бактерии, может быть грибы. Явление малоизученное и неосознанное в своем геохимическом значении.

193. Биогеохимические функции, как указано (см. § 176), неразрывно связаны с организмом и имеют место в их телах, от них неотделимы. Эти функции наиболее ярко на нашей планете характеризуют резкое различие химического проявления живого вещества по сравнению с косной материей.

Эволюционный процесс совершенно не сказывается в мире минералов во всей длительности геологического времени (см. § 188). Одни и те же *минералы* наблюдаются от археозоя до настоящего времени. Химия планеты в этом аспекте кажется неизменной. Биосфера и отражение ниже и выше ее лежащих геологических оболочек и геосфер не меняли существенно своих термодинамических условий в течение всего геологического времени. Но эта неизменность термодинамических условий проявляется только в мире минералов. Мир организмов изменился до неузнаваемости морфологически и химически и непрерывно меняется. Только в одной области *биогенных минералов*, создаваемых 2-й биохимической функцией, связанной с разрушением тела организмов, о которых будет идти речь ниже (см. § 196), проявляется эволюционный процесс в своеобразной и резкой форме. Там проявляются новые биогенные органические минералы, отражающие эволюционный процесс.

Биохимические функции в пределах живого вещества распадаются на две: 1) *первая биохимическая функция, связанная с питанием, дыханием, размножением организмов*; 2) *вторая биохимическая функция, связанная с разрушением тела отмерших организмов, т.е. с разрушением тела живого вещества и переходом его в косную материю*. Для живого вещества, с планетной

¹ Для металлических сульфидов очень вероятно.

точки зрения, основным явлением должна считаться функция *размножения и роста организмов*. Обе функции выявляются внутри тел живого вещества. Но источники этих проявлений лежат в окружающей данное живое вещество среде, и эти явления могут быть представлены в атомной форме как закономерная биогенная *миграция* определенных химических элементов (атомов) из внешней среды в живое вещество и из живого вещества в окружающую среду. Организм выбирает из нее нужные ему элементы в виде соединений и атомы в виде изотопов. Удобно для научной работы свести все эти явления в атомную форму, хотя в действительности процесс в подавляющей части идет в виде молекул, состоящих из атомов. Каждый из нас это ясно знает, когда подумает о питании и дыхании. Сведенные к атомам, эти явления могут быть выражены в движении разнообразного характера этих атомов, которые я буду называть их миграцией. Я буду называть эту миграцию, в какой бы форме она ни происходила, как *биогенную миграцию атомов* – изотопов (см. § 175) или химических элементов, из них состоящих. Эта функция, очевидно, меняется в течение всего эволюционного процесса, так как меняются организмы, но это явление отражается в окружающей среде только в газообразных минералах: кислороде, азоте, воде, углекислоте, метане, сероводороде и т.п. Они создают тропосферу, как мы видели, и выявляются в газовых функциях (§ 177–184).

По-видимому, качественного изменения в ходе эволюционного процесса в этих продуктах не происходит. И количественно они заметно не меняются.

194. Рост и размножение химически выражаются в сложных процессах увеличения количества живого вещества, которое в конце концов приводит к закономерному максимальному увеличению его массы на нашей планете и территории, им на ней занятой.

Оба эти процесса, сложно зависимые друг от друга, совершаются в биосфере с ярко выраженным *давлением на окружающую среду, с напором*. Мы можем его механически измерять. По сравнению с напором нашей техники и нашего эксперимента, давление жизни оказывается чрезвычайно малым. Но природные процессы имеют огромную длительность, измеряются миллиардами лет.

Этот напор является наиболее ярким выражением биогеохимической энергии роста и размножения, может быть точно количественно выражен и является различным и характерным видовым признаком для каждого вида, расы, рода и т.п. (см. гл. XX). Он может быть выражен в числах, исходя из среднего веса взрослого организма и скорости захвата нового пространства, например гектара, на поверхности планеты при размножении. Мне кажется, очень удобно выразить его математически теоретическим представлением о захвате путем размножения и роста *всей поверхности планеты* (следовательно, неизбежно целиком и экватора), используя для этого как эталон сравнения реальную величину его, самую *длинную замкнутую кривую*, находящуюся на нашей планете, длину земного экватора. В основу этого представления кладутся числа, реально наблюдаемые, различные и характерные для каждого организма, вида, расы.

В следующей главе (см. § 206 и сл.) о биогеохимической энергии живых веществ я вернусь подробно к этому представлению, а здесь только отмечу, что этим путем биогеохимическая энергия роста и размножения будет выражаться в скорости величиной V , выражаемой в сантиметрах, по кривой,

земному экватору, в секунду времени. При размножении и захвате поверхности планеты живое вещество как бы растекается по ней, заселяя тем большую территорию, чем меньше оно встречает препятствий. В свободной от жизни территории заселение путем размножения и роста идет с максимальной скоростью при благоприятных условиях для жизни.

Каждый организм имеет свою определенную скорость размножения и роста, и разница в этой работе организма для разных их видов может достигать многих сотен тысяч раз. Слон (*Elephas indicus*) размножается со скоростью 0,1 см/с, *Vibrio Cholerae* – 33 000 см/с. Следовательно, данная бактерия обладает скоростью размножения в 331 000 раз большей, чем скорость размножения индийского слона. Это число еще не предел, но близко к нему.

Мы увидим, что это максимальное число не является случайностью, а теснейшим образом связано со свойством тропосферы. Оно является следствием газового обмена живого вещества, к чему я вернусь позже (см. § 231).

При таких числах количественное сравнение требует более глубокого логического анализа и может совершаться далеко не во всех случаях. Ибо мы имеем здесь реальное дело с явлениями, по существу происходящими в разных разрезах мира. Микробы и часть одноклеточных организмов живут в микроскопическом разрезе мира, где силы тяготения не проявляются в том аспекте, как в макроскопическом разрезе мира, в котором мы с вами живем и где доминируют явления тяготения. В проявлении целого ряда природных явлений здесь может быть такой разрыв. Здесь мы встречаемся с тем явлением, которое говорит о переходе количества в качество и о котором могли говорить философы средних веков до середины прошлого столетия. Но уже к концу прошлого столетия для натуралистов, когда они с этим сталкивались, это было ясно. Эмпирическим фактом является, что для микроскопических организмов биогенная миграция атомов дает такой разрыв.

Живое вещество теснейшим образом связано с планетой и поэтому принятие за эталон земного экватора является самым естественным выходом в смысле заселения пространства. Что же касается времени, то мы видим ясно, что размножение может быть отнесено к двум эталонам. Во-первых, и мир микробов, и большинство одноклеточных, который отражает собой *вращение Земли вокруг своей оси в сутки*, могут быть эталоном для сравнения их размножения. Во-вторых, все многоклеточные организмы в цикле своей жизни приравниваются к *году, т.е. к вращению Земли вокруг Солнца*. Эти астрономические даты отнюдь не являются случайностью, но выявляют планетный характер жизни.

195. *Биогенная миграция атомов* резко по скорости различна для микробов и одноклеточных организмов, с одной стороны, и для многоклеточных – с другой.

Мы должны различать в связи с этим при явлениях размножения и роста две различные биогенные миграции атомов: *биогенную миграцию атомов 1-го рода* – для микроскопических одноклеточных и микробов, *огромной интенсивности, связанной с малым их объемом и весом, и биогенную миграцию атомов 2-го рода* – для многоклеточных организмов. Я вернусь к этому позже (см. § 206 и сл.). Но здесь надо отметить, что *где-то между микробами и одноклеточными тоже есть перерыв, вероятно, ближе к микробам* (см. § 222).

Отнесенная к индивидууму, каждая из этих биогенных миграций и отвечающие им *биогеохимические энергии* настолько различны, что практически сравнение их в биохимическом аспекте как единого целого мало имеет, вернее имело, интереса для научной концепции природы.

Если выразить отдельно биогеохимическую энергию размножения и роста одноклеточных и биогеохимическую энергию размножения и роста многоклеточных, получаются величины несравнимые и геологическая роль одноклеточных резко *доминировала на нашей планете до самого последнего времени*.

На наших глазах это явление начинает меняться в нашу *психозойскую эру*, когда человек овладел новой биогенной миграцией атомов 3-го рода, идущей под влиянием его жизни, воли, разума в окружающей среде. Мы увидим (см. § 199), что в жизни каждого живого организма есть проявление этой формы биохимической энергии и она выражается в биогенной миграции атомов 3-го рода для большинства живых организмов в очень недостаточной степени. Как пример такой биогенной миграции можно представить себе роль роющих организмов, например грызунов, изменяющих характер почвы, или роль дождевых червей, в этом смысле еще более энергичную, так как они изменяют химически соединения почвы, или «государства» термитов. Но эта форма энергии и *биогенная миграция атомов 3-го рода*, ее производящая, играли до последнего времени сравнительно второстепенную роль. Но, конечно, в природном процессе и в масштабе *геологического времени* никакое природное явление не проходит бесследно и даже ничтожные следы его в результате длительности процесса могут быть мощными. Не входя в дальнейшие примеры, по существу для нас ненужные, напомним роль и значение построек – коралловых островов или создание биогенных пород концентрационной функцией второго рода, например биогенных известняков. Все биогенные миграции, как я показал в 1928–1931 гг. [47], могут быть обобщены как *первый биогеохимический принцип* (см. § 206). Этот принцип гласит: *биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению*. Все живое вещество планеты, взятое в целом, таким образом, является источником действительной свободной энергии, может производить работу. Я вернусь еще в дальнейшем к рассмотрению этого принципа, играющего основную роль в биогеохимии (см. § 206).

196. *Вторая биохимическая функция* связана с разрушением тела живых организмов после их умирания, связана с химическим превращением живого вещества после его умирания в косное (см. § 193).

Этот переход в косное тело совершается не сразу. Промежуточным является биокосное тело в течение большего или меньшего геологического времени, так как первая переработка совершается биогенным путем микробами, бактериями и грибами. А в конце наступают реакции, в которых микробы отсутствуют или играют второстепенную роль.

Мы должны с геохимической точки зрения отметить здесь два явления.

1. Явления, связанные с гниением отдельных многоклеточных и одноклеточных организмов, идущие всюду на каждом шагу, вызываемые микробами, грибами и некоторыми насекомыми.

2. Массовое гниение растительных и животных остатков на месте отмирающих их биоценозов или больших скоплений организмов, уже отмерших

или отмирающих, находящихся не на месте своего роста или жизни (роста для растений и жизни для животных). Примером последнего рода могут служить те каменноугольные месторождения, которые образовались от сноса в дельты рек деревьев, растений и животных, оторванных от своего местообитания.

Все эти процессы гниения в разных его проявлениях, которые мною сводятся ко второй биохимической функции, характеризуются тем, что они связаны своеобразной организованностью гниения как своеобразного симбиоза одноклеточных и многоклеточных организмов, в нем участвующих, причем микробы и грибы (?) отличаются, как мы уже видели (см. § 195), чрезвычайной силы биогенной миграцией атомов 1-го рода, которая не может быть сравнена по своему геохимическому эффекту с биогенной миграцией атомов 2-го рода – многоклеточных организмов.

Силой, производящей посмертный переход биоценозов и скоплений многоклеточных организмов, растений и животных в биогенные минералы и породы – каустобиолиты – в угли, нефти, битумы и т.д., являются микробы и низшие грибы.

Надо обратить внимание, что понятие о смерти одноклеточных и микробов далеко не является столь простым, как это имеет место по отношению к многоклеточным организмам. Медленное гниение после смерти многоклеточных организмов связано с разнородной длительностью – умиранием разных клеток в разных тканях, в разных частях организма. Как показали прямые опыты, для одноклеточных организмов, размножающихся делением, нет смерти, если они находятся в благоприятных условиях питания и размножения, в благоприятной внешней обстановке.

Этим путем были достигнуты здоровые культуры, имевшие несколько десятков тысяч поколений. Опыты Мопы, С.И. Метальникова, Дженкинса и др. [48] установили этот факт, мне кажется, вне сомнений. Но и отдельные ткани, вынутые из умершего организма, могут сохраняться живыми и размножаться неопределенно долгое время при искусственном их питании, как это показали прямые опыты Карреля и др. [49].

Они умирают в биосфере только, когда они как пища попадают другим организмам или уничтожаются физическими процессами, с точки зрения организма случайными, или когда выходят за пределы биосферы. Природные симбиозы, такие как лишайники например (симбиоз гриба с водорослью), могут существовать неопределенно долгое время; и на эрратических валунах Европы и Северной Америки последнего ледникового периода, конец которого мы сейчас переживаем, мы можем наблюдать живые лишайники, существование которых исчисляется тысячами, может быть, сотнями тысяч лет. Но нормально после смерти организма еще живые ткани захватываются как пища низшими и высшими организмами, гниют, поедаются микробами и разнообразнейшими насекомыми, входят этим путем в новый круговорот вещества. В конце концов они распадаются на более простые соединения, в значительной степени выделяя газы, как метан, азот, угольную кислоту, сероводород, и давая органогенные породы и минералы, как нефти, торфа, битуминозные и гумусовые угли и т.п. каустобиолиты. Бактерии и грибы, которые их создают, подвержены эволюционному процессу, и для каждой эпохи они

разные. Это явление только в последнее время было ясно и определенно разобрано в литературе проф. Таусоном.

Мне кажется, на этом вопрос не кончается. Весьма возможно, все как будто на это указывает, что в древних каустобиолитах сохраняются способные к возобновлению споры в латентном состоянии в течение миллионов и сотен тысяч лет. Я ставлю эту проблему как таковую; требуется экспериментальная проверка.

197. Образование каустобиолитов известно нам с докембрия и идет до настоящего времени. Процесс шел и идет во все геологические периоды. На земной поверхности в историческое время идет образование гумуса почв, торфов, сапропелей и т.п. Но, несомненно, одновременно идет в новейших породах, в подземной биосфере в настоящее время образование нефтей, углей, битумов и т.п.

Каустобиолиты, вызвавшие в последнее время огромную литературу, во многом резко отличаются от обычных минералов. Прежде всего бросается в глаза их чрезвычайно малое участие в обычных процессах, которым подвергаются минералы. Они являются в этой среде чуждыми сторонними телами, медленно входят в общий круговорот, причем в конце концов дают остатки, состоящие из чисто минеральных тел (известняков, доломитов и т.п.).

Этим обуславливается их чрезвычайная сохранность в течение длительности в сотни миллионов лет, их инертность в биосфере, если они не попадают на ее поверхность, т.е. не соприкасаются с тропосферой, богатой свободным кислородом, или не попадают в вулканические области, не соприкасаются с магмой. Чрезвычайно характерно, как подчеркнул недавно В.О. Таусон [50], что они являют индивидуальность и неповторимость в геологическом времени и представляют собой историческое явление, что выражается в их чрезвычайном химическом разнообразии и просто объясняется тем, что для каждого геологического момента организмы, тела которых они представляют, были неповторяемы, резко химически различны, так же как различны те микробы, которые вызвали их образование и тела которых входят в их состав.

Надо заметить, что до сих пор (что я уже несколько раз и подчеркивал) не изучено биологами и господствует в геологии представление, едва ли отвечающее фактам и научно не доказанное, что живые микробы, находящиеся на километры ниже уровня геоида, попадают сверху, а не являются потомками поколений подземных микробов, геологически длительных. Вся эта область требует научного исследования.

Последнее время внимание геологов начинает обращаться к этой области и зародилось научное сомнение в правильности господствующей точки зрения. Оно даст свои плоды в ближайшее время. В.О. Таусон правильно подчеркнул в последней своей работе, что микробы, которые мы теперь изучаем, не могли быть теми же самыми, которые существовали и создавали эти каустобиолиты в прошлые геологические эпохи. Они так же, как все организмы, эволюционировали с ходом геологического времени.

198. В каустобиолитах мы видим ясное проявление эволюционного процесса. Необходимо, однако, обратить внимание, что эволюционный процесс очень разноразлично касается организмов, и мы знаем ряд случаев, когда некоторые организмы, например *Lingula*, не меняются в течение сотен миллионов лет. L. Wilser [51] обратил внимание на такие организмы, которые не менялись в

течение сотен миллионов лет в своей форме, а следовательно, и в своем химическом составе. Он назвал эти организмы *персистентами* и пытался объяснить это тем, что условия, главным образом световые и другие излучения Солнца, не менялись в течение их жизни. Такими персистентами могут быть и бактерии, и грибы подземной флоры нашей планеты.

Несмотря на чрезвычайное их разнообразие и связанность с эволюционным процессом, т.е. с геологическим временем, все каустобиолиты разного возраста распадаются на три разные группы: *гумусовые, битуминозные и нефти*.

В биохимических функциях первого и второго ряда мы впервые встречаемся в яркой форме с резким отличием косного и живого вещества в ходе геологического времени. В то самое время, как живое вещество меняется до неузнаваемости в своих формах и непрерывно и закономерно дает нам миллионы новых видов организмов и множество новых химических соединений, охваченное эволюционным процессом, косная материя планеты остается инертной, неподвижной и по характеру происходящих реакций только в зоны веков закономерно меняет свой атомный состав закономерным радиоактивным процессом, только что начинающим перед нами вскрываться (см. ч. I, гл. IX). В геологическое время она практически остается неизменной в своем морфологическом характере. По сравнению с вечно подвижным и меняющимся химически и морфологически миром животных организмов мир минералов остается неподвижным и неизменным с археозоя, за исключением биогенных минералов, которые создаются биохимической функцией второго рода (см. § 195).

Субстрат эволюционного процесса в пределах живого вещества резко химически меняется и этим путем меняется субстрат и его биохимические реакции, но *sub specie aeternitatis*¹ мы в земном веществе встречаемся с резко различными явлениями: закономерно меняющимся в геологическое время эволюционным процессом живым веществом и неподвижным в этом масштабе химическим миром минералов. Нет ни одного минерала, не связанного с жизнью, *который бы явился новым в ходе геологического времени*.

В связи с этим биохимические функции могут быть сведены ко *второму биогеохимическому принципу*. Этот принцип установлен мною тогда же, когда и первый, в 1928–1931 гг. [52]. Он указывает, что *эволюция видов* в ходе геологического времени, *приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы* (см. гл. XX, § 206).

199. Мы живем в исключительное время в истории нашей биосферы, в психозойскую эру, когда создается новое ее состояние – *ноосфера* и когда геологическая роль человека начинает господствовать в биосфере и открываются широкие горизонты его будущего развития. Это связано прежде всего с тем, что человек закончил впервые в своей истории заселение планеты. В XX в. впервые не осталось места на земном шаре, куда не ступала бы нога человека, и он добился таких условий, при которых он всюду может жить и развиваться с комфортом в случае надобности². И, с другой стороны,

¹ С точки зрения вечности.

² Отдельные вершины гор, без всякого сомнения, будут считаться доступными при серьезной постановке задач их достижения.

одновременно создание и развитие авиации позволили человеку проникнуть, правда, сперва только в нижние слои стратосферы, и развитие техники позволило подойти реально к веществу нижней границы биосферы.

Одновременно с этим, используя радиоволны, человек может говорить, слышать и вскоре сможет видеть то, что совершается за тысячи километров от его места обитания. Пути сообщения сокращают и в ближайшем будущем, несомненно, сократят до минимума время переездов. Реально начинает рассчитывать человек о выходе в космическое пространство.

Это явилось следствием мощного развития научной мысли, научного исследования и охваченной наукой техники и труда человеческих обществ. И здесь человек находится только на первых ступенях своего развития. Лишь социальная отсталость мешает проявиться совершенствующемуся перевороту в его реальной силе.

Уже более чем два столетия, особенно в XX в., народные массы выступили сознательно на политическую социальную арену, явились политической силой, и идея равенства всего человечества и равноправия черных, желтых, красных и белых рас пустила глубокие корни в общее и научное сознание мира.

Реально она была подготовлена великими религиями и наиболее ярко, мне кажется, была проведена в жизнь в мусульманстве. Но она по существу охватывает основные течения религиозной жизни Индии и Китая и христианства.

Исторически последнее особенно важно в связи с тем, что веками в его атмосфере создавалась и выросла современная научная и техническая мысль, которая привела к тому перевороту, который мы переживаем. Религиозная мысль могущественно влияет в этих явлениях, создавая мировоззрения, определяющие поведение человека, мощно влияя на формы социальной и политической жизни, создавая этику и через нее резко влияя на философию. Этим последним путем она влияет и на научную мысль. Создание тысячелетий, она находится в настоящее время на распутье, так как связана была с исчезающими социальными структурами, и пыталась бороться со свободой мысли, необходимой и неизбежной для мощного научного развития.

Сейчас выступающие попытки заменить политическим или социальным гнетом свободный рост научного искания явно обречены на неудачу, так как корни их не лежат так глубоко, как лежат корни религиозных верований, борьба с которыми, вековая, закончилась победой научной мысли.

Одной из предпосылок современного переворота явилась свобода научной мысли и научного искания, освобождение ее в значительной степени от давления религиозных, философских и политических построений и создание в общественном и государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли.

Но далеко еще не существуют условия, вполне благоприятствующие росту научного знания и связанных с этим его приложений.

Стало ясным и все больше проникает в сознание человечества, что перед ним сейчас имеется полная реальная возможность не допустить недоедания и голодания, нищеты и чрезвычайно ослабить болезни, продолжить до максимума длительность человеческой жизни. Но борьба за это открывающееся перед человечеством новое будущее далеко не закончилась, и пройдет все же

несколько, вероятно немного, поколений, пока оно неизбежно как природный стихийный процесс ярко выявится в ноосфере в действительности.

Мы видим, что с каждым поколением темп движения к неизбежному будущему единого человечества, охватывающего всех потомков *Homo sapiens*, единого вида, в котором потерялись в сотне, если не больше, тысяч поколений когда-то существовавшие особи других родов человека, увеличивается.

Это движение началось миллионы лет тому назад, в конце третичного времени. В наших представлениях об эволюционном процессе живого вещества мы недостаточно учитываем реально существующую *направленность эволюционного процесса*.

Я имею в виду не какие-нибудь теоретические представления, которых существует много и притом противоречивых, а научное *эмпирическое обобщение*, реально существующее, хотя и не вошедшее в сознание натуралистов, и в данном частном случае почти забытое.

Около 90 лет тому назад, в 1851 г., еще до великих эмпирических обобщений Дарвина и Уоллеса, профессор Йельского университета в Нью-Хейвене Д. Дана (1813–1895), крупнейший геолог, минералог и биолог, указал, что в ходе геологического времени непрерывно изменяется эволюционным процессом и развивается центральная нервная система животных, мозг, причем иногда наблюдаются геологически длительные остановки, но никогда не наблюдается понижения достигнутого уровня. Эмпирически установив этот факт, Дана не касался его объяснения¹.

Удивительно, что на обобщение Дана не обратили внимания Дарвин и эволюционисты, хотя с Дарвином Дана был в дружеской переписке, правда, позже, чем он установил свой принцип и пережил неприятности, с этим связанные. Станным образом это эмпирическое обобщение, чисто формально установленное Дана, не вошло в научное сознание и до сих пор и упущено в современной концепции и теории эволюционного процесса. В новой Англии (Нью-Хейвен), где жил Дана и где царила в его время строгая пуританская мысль, ему пришлось защищаться и оправдываться, но факт не мог отрицаться. Но он был замолчан. Дана назвал этот процесс *цефализацией*.

В 1920-х годах, работая над биогеохимией и систематически знакомясь с биологической литературой, я натолкнулся на забытое эмпирическое обобщение Дана. Разговоры с палеонтологами и подход к сводкам палеонтологии с этой точки зрения убедили меня в верности эмпирического обобщения Дана. Я назвал его *принципом Дана*.

Мы видим, что направленность эволюционного процесса живого вещества, вытекающая из обобщений Дана, вытекает и из биогеохимического его проявления, и факт, установленный Дана, находит свое место (см. § 137).

Согласно второму биогеохимическому принципу, *эволюция видов живого вещества должна идти в определенном направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов в биосфере*, т.е. должна иметь направленность. Я вернусь еще к этому ниже.

¹ Эмпирическое обобщение, сознательное или бессознательное, неизбежно приводило к признанию исключительной геологической роли человека. Первый, мне кажется, Бюффон говорил о царстве человека – «венца творения». Современник Д. Дана Л. Агассиц (1807–1873) тоже говорил о геологическом царстве человека почти в то же самое время, что Дана.

200. Биогеохимическая функция человечества, так же как и других многоклеточных организмов, проявляется прежде всего в биогенной миграции атомов 2-го рода, но создаваемая этим путем энергия отходит на второй план перед той биогенной миграцией атомов 3-го рода (см. § 195), о которой сейчас идет речь.

Отличие человека в этих проявлениях его жизни на косной и живой природе несравнимо по разнообразию и глубине захвата всех элементов с тем, что мы наблюдаем для других живых существ.

И хотя сейчас такое массовое проявление жизни, растительной и микробной, охватывает весь земной шар и строит тропосферу, все-таки человек сейчас намеренно и стихийно меняет всю окружающую его природу, является геологической силой, ближайшее будущее которой почти безгранично и человеческий разум и воля способны целиком переработать всю окружающую его природу. Те возможности, которые открываются при этом для ближайшего будущего, кажутся нам безграничными.

И в то же самое время в нашем построении окружающей природы у нас нет, казалось бы, места для человеческого разума как геологической силы, так как он не является формой энергии¹.

Заняв исключительную роль в биосфере, вскоре после последнего ледникового периода, конец которого мы сейчас переживаем, человек достиг такой массы вещества в совокупности своих сородичей, какой никогда не достигал в прошлые периоды своей истории. Темп его размножения и заселения им планеты быстро растет. Сейчас количество людей превышает полтора миллиарда. Несмотря на варварские войны, которые как раз в настоящее время достигли апогея в истории человечества в XX столетии, этот темп не уменьшается в стационарном аспекте и быстро восстанавливается в прежнем виде после всякого его нарушения. В прежней истории человечества такие завоеватели, как Атилла, Чингисхан, Александр Македонский и даже Наполеон, останавливали рост населения на одно или два поколения или сильно его нарушали. Война 1914–1918 гг. этого не сделала.

Не остановила она и научно-технического подъема. Можно даже сказать иначе: она его стимулировала. Это является следствием, мне кажется, того, что история человечества вступила в другую фазу, в которой биогенная миграция атомов 2-го рода встала на второй план по сравнению с биогенной миграцией атомов 3-го рода, которая сейчас доминирует на нашей планете.

Можно сделать это понятным, если образно представить себе, что значит в планетном масштабе живое вещество, состоящее из полутора миллиарда неделимых, каким является в нем современное человечество.

Я воспользуюсь для этого сравнением, которое дал в начале этого столетия известный австрийский экономист Л. Брентано. Он указал, что полтора

¹ Я не могу входить здесь в рассмотрение этого эмпирического обобщения и тех парадоксальных выводов, которые можно отсюда сделать, так как человеческий разум не является формой энергии, а производит действия, как будто ей отвечающие. Отмечая это как эмпирический факт, я думаю, что дальнейшее развитие научных данных позволит нам выйти из этих, может быть, кажущихся противоречий с одним из основных законов естествознания — законом сохранения энергии. В литературе мне известна попытка американского математика и геофизика А. Лотка (*Lotka A. Elements of Physical Biology*. 1925. С. 406 и сл.) разобраться в этом вопросе.

миллиарда людей легко помещаются с избытком на площади, близкой к площади небольшого швейцарского озера Констанцкого (иначе Боденского), если каждый из них займет один квадратный метр его площади. По масштабу планеты это будет небольшая кучка! Но эта кучка производит то колоссальное изменение всей планеты, которое вызывается не биогенной миграцией атомов 2-го рода, эффект которой для нее, как ясно из вышеуказанного, ничтожен в планетном масштабе, а *биогенной миграцией атомов 3-го рода*, вызываемой человеческим разумом и трудом, резко отделяющими Homo sapiens от всего живого вещества.

Любопытно и не случайно, что биогеохимическая энергия человека, этим путем развиваемая, например рост машин в XX столетии, может быть выражена математически геометрической прогрессией, превышающей размножение человека во много раз.

Человек получил возможность регулировать биогенную миграцию атомов 2-го рода, свое размножение, и размножение всех других организмов, в среде которых он живет. Перед ним открылись перспективы, каких еще никогда не существовало на нашей планете, и в пределах планеты не видно границ, которые могут быть поставлены биогенной миграции атомов 3-го рода, *руководимой человеческим разумом*.

Биогеохимическая функция человека является, таким образом, новой геологической силой, которая никогда еще не существовала на нашей планете в таком размере. Десятки тысяч поколений человека прошли прежде, чем он это понял, и формы его социальной и политической жизни не отвечают этому пониманию и тем возможностям, которые этим путем ему открываются.

Я не буду здесь касаться исторического хода всемирной истории, которая к этому привела бессознательно для человека, незаметно и неожиданно для него, и буду рассматривать это как эмпирический стихийный факт, отрицать который невозможно.

201. Но я хочу сделать несколько замечаний об этом факте. Дать в настоящее время научно историю этого процесса – значило бы написать всемирную историю в этом аспекте. Это непосильно одному человеку, особенно моего возраста, и далеко лежит от моих интересов, тем более что подготовительная работа не сделана.

Можно подчеркнуть два связанных с этим явления. Во-первых, в реальном ходе истории человечества, приведшем к этому результату, видно, что человек шел тем путем, что захватывал техникой своей жизни все новые и новые формы энергии и перерабатывал их своим разумом и своей работой для текущих целей своей жизни, не задумываясь о последствиях.

И, во-вторых, он тысячелетиями создавал науку, обобщал окружающее и создавал нужную для этого логику своей мысли. Наука вначале не отделялась от религии и философии, и прошли сотни, если не тысячи, поколений, пока она отделилась как самодовлеющее целое.

Он едва ли сознавал – может быть, в единичных умах – результат того планетного процесса, который он в сущности совершал.

Сейчас он может своим умом менять химические процессы биосферы в такой степени, которая сравнима в своем геологическом значении с биогенной миграцией 2-го рода и 1-го рода всех организмов, вместе взятых, которые создают в геологическом времени горные породы биосферы и тропосферу и

продолжают это и теперь. Таким образом, человеческий разум, который не есть форма энергии, вмешивается в эти процессы. Как я указал, эта научная проблема была поставлена в свое время Лотка [53], но не была, конечно, решена. Она стоит сейчас перед нами.

Как это возможно? Мне кажется, сама возможность постановки такого вопроса является ответом. Вспоминается Гёте, которым как натуралистом я одно время занимался, который правильно считал, что сводить к такой форме проблему есть настоящая работа натуралиста. Не «почему», не «для чего», не «отчего», а «как» [54] – это есть эмпирическое описание факта. Фактом является вмешательство организованного человеческого разума, направляющего силу человека и его знания в эту сторону и этим нарушающего энергетический характер окружающего, в данном случае планеты.

Вехами в этом процессе были следующие источники энергии. Первым явилась мускульная сила самого человека, мускульная энергия всего организма, т.е. то, что свойственно всем позвоночным. Одновременно с ней появилась сила солидарности, значение которой было выяснено русскими натуралистами независимо друг от друга – Кесслером и П.А. Кропоткиным. Последний выяснил значение этого явления, выражаясь языком этой книги, для биогенной миграции атомов 2-го рода [55].

До сих пор мы не выходили за пределы того, что свойственно всем животным организмам. На самых низших стадиях развития мы встречаем у человека новое. Этим новым является орудие, чрезвычайно усиливающее мускульную работу человека. Весьма вероятно, как думают многие антропологи, им обладали уже в рудиментарной форме предки человека, которые морфологически человеком не являлись и не могли входить в поколения *Homo sapiens*, может быть, несколько миллионов лет тому назад.

Хотя путь эволюционного создания человека нам даже в основном неясен, но научно не возбуждает сомнения и может быть прослежено сейчас на научной мысли, что реальные предки современного человека сотни миллионов лет тому назад не жили на суше, а жили в гидросфере. В третичное время состоялось разделение древнего предка на семейства людей и человекообразных обезьян [56]. По мнению Осборна, это разделение состоялось не раньше нижнего олигоцена, т.е. около 35 млн лет назад [57]. По мнению В.К. Грегори [58], это состоялось в нижнем миоцене, примерно 19 млн лет тому назад. Миллион лет – это значит для человека 40 000 поколений [59]. Самые древние находки эолита относятся к верхнему миоцену [60].

Человек, по мнению Р. Брума (1941 г.) [61], «несомненно жил в верхнеплиоценовое время и жил в это время в Европе и в Азии, когда австралопитеки жили в Южной Африке». Он дальше говорит: «Хотя маловероятно, чтобы какой-нибудь из южноафриканских австралопитеков (плиоцен) был предком человека, открытие этих, очень похожих на человека антропоидов, показывает, что здесь, т.е. в Южной Африке, когда-то жила группа антропоидов, столь близкая по структуре к человеку, что мы принуждены думать, что человек произошел из плиоценового австралопитека».

Следующим шагом, нам ясным, является *открытие огня*. Сейчас допускают, что ближайшие предки человека, которым являлся для рода *Homo* род синантропус, владел огнем. Но для синантропуса, как, может быть, и для питекантропуса, допустима их плодовитость с родом *Homo*. Огонь являлся той

новой силой, силой искусственно создавать горение, которая перевернула и выделила положение человека среди животного мира. Синантропус жил примерно сотню тысяч лет тому назад. Примерно в это же время, может быть, немного позже, человек приручил собаку, исходя из принципа солидарности, который указывает на существование психики доброжелательства между различными родами и видами животных. Он в своих целях использовал ее мускульную силу и психику для своих нужд.

Не меньше как $50\,000 \pm 20\,000$ лет тому назад он создал земледелие, используя для своей жизни, изменив и усилив прежде всего для обеспечения пищей, а потом и для других целей концентрационную функцию 1-го рода (см. § 195) нужных ему растений и характер их размножения. И примерно около этого же времени первое приручение животных млекопитающих положило начало скотоводству в различных его формах. С земледелием изменилась общественная жизнь человека, создались города. Любопытно, что выясняется сейчас, что все эти процессы проходили в одном относительно небольшом участке планеты, в восточной части Средиземного моря, в Египте, в Месопотамии, может быть, Северной Индии и тогда богатых водой, может быть болотистых, областях Западного и Среднего Китая¹. Техника приобретала все большее и большее значение. По-видимому, широкое общение существовало между людским населением в этой области, которое усилилось, когда лошадь, верблюд и рогатый скот, приспособленные техникой, ускорили передвижение. По-видимому, около того же времени водный путь – реки и океан – стали доступны человеку с открытием водных судов.

Примерно 1500 поколений отделяют нас от этого времени. Из новых форм энергии человек в это время использовал энергию рек, морских волн и ветров в очень примитивной форме. Появление ветряных двигателей относят к первым векам нашей эры. Но химическую энергию человек впервые применил для своей техники и приготовления пищи, используя силу огня.

202. Новые формы энергии стали доступны только за последние четыре столетия, и движение пошло большим темпом только с середины XVIII в. Но еще гораздо раньше была охвачена химическая энергия, сперва в технике, увеличившей силы человека, ею обладающего, для борьбы с природой и для блага человечества и одновременно усилившей силу истребления себе подобных и усилив разрушительную работу, направленную для личного блага. Первым явилось открытие пороха еще в XIV в., чрезвычайно увеличивавшее силу цивилизованного человечества и положившее конец подчинению его жизни опасностям диких зверей. Человек почувствовал себя царем природы. С течением времени, в ближайшие же столетия, порох изменил технику добычи минеральных и металлических руд и инженерные работы. В технике жизни разнообразнейшие химические производства выступили на первое место во всех государствах 4000–5000 лет тому назад. Аппаратура химии XVIII и начала XIX в. еще носила яркие следы ее происхождения из кухни, от искусства приготовления пищи. Около 3000 лет тому назад металлическое железо было получено в чистом виде, оно было известно раньше в отдельных метеоритах,

¹ Может быть, и Индокитая. Значительно позже, по-видимому не раньше 10 000 лет тому назад, проявилась эта работа человечества в Полинезии, Центральной и Южной Америке и на Малайских островах.

используемых от времени до времени случайно сталкивавшимися с ними отдельными народностями. Энергия ветра была использована, вероятно, еще раньше для передвижения (парус, ветряные мельницы). Но можно сказать, что только с середины XVIII столетия совершился переворот, подготовленный ростом науки, свободной мысли, в это время в значительной степени достигнутой Западной Европой и Северной Америкой, и созданием первых демократий, которые выдвинули на исторические арены народные массы.

Рост мощности человека с захватом им все новых форм энергии и гигантским ростом научной мысли все ускорялся. Во второй половине XVIII в. две самые мощные формы энергии – пар и электричество, охватили человеческую жизнь, и почти через сто лет после того, в середине XIX в., человек научно осознал понятие энергии и создал это слово для той силы, которая перестроила всю его жизнь и мысль [62].

В самом конце прошлого столетия неожиданно была открыта новая форма энергии, существование которой предвидели немногие умы, – атомная энергия, которой принадлежит ближайшее будущее и которая даст человечеству еще большую мощь, размеры которой едва ли мы можем сейчас предвидеть.

В XX в. человек подошел к новым формам энергии, физической и биологической, для получения чрезвычайно длительного и яркого освещения. Одновременно человек подошел к использованию форм энергии, которые, можно сказать, являются вечными, не уничтожаются во время своего использования и разнообразны по своей форме. Часть из них уже захвачена, но еще больше мы видим источников, которые еще не используются, но будут использованы.

Пар, электромагнитные силы, химические процессы истощаются и требуют большого расхода энергии для того, чтобы приводить их вновь в действие. Но в энергии падающей и двигающейся воды, которую давным давно человек использовал в рудном деле и в мельницах, в ветре, в солнечной лучистой теплоте, которой только что человек начинает пользоваться, в прибое волн, в приливах и отливах, мы находим формы энергии, едва затронутые работой человечества. Их использование сделалось возможным благодаря тому, что человек, исходя из электромагнитной энергии и в будущем радиоволн, научился переносить энергию на тысячи километров от ее источника.

Этим путем он, в сущности, овладел планетой не только в ее веществе, но и в ее энергии, стал творческой сознательной геологической силой, может сам строить будущее своих поколений. Будущее, вероятно, здесь принадлежит атомной энергии, все значение которой научно еще не освоено.

Но одной техники, которой до XVIII в. шел человек, в открытии и применении разных форм энергии недостаточно для движения в будущее и для решения вопроса о новой организованности планеты жизнью человечества, его трудом и разумом.

Ни мировая религия, ни философия, раньше создававшиеся, первая в своих высших формах, вероятно, 4000–5000 лет тому назад, вторая – 2000–3000 лет назад, не могли решить эту проблему, которая стала перед человечеством. Философская мысль, явившаяся переходом к науке, независимо зародилась в трех центрах: 1) в Малой Азии, Греции и в Южной Италии; 2) среди эллинской цивилизации, среди многочисленных государственных образований Северной Индии вплоть до Цейлона, среди арийских дравитских народов;

3) независимо создавался и третий – китайский центр. Роль философии, создавшей логику, была здесь решающей. Любопытно, что философская мысль развивалась совершенно независимо, по крайней мере в европейском и индийском центрах, и в последующие столетия. Индийская мысль оказала огромное влияние на Китай, Индокитай, Тибет и Японию, а через Тибет на наших бурятов. Был один замечательный перерыв, который длился несколько столетий, вероятно, больше десяти поколений. Это был период, когда Александр Македонский с македонянами и эллинами (356–323 гг. до н. э.), больше 2100 лет тому назад, разрушил персидское и египетское царства и проник в Индию. Это был как раз расцвет эллинской философии и науки. Сколько мы можем сейчас знать, почти не сталкивавшиеся тысячелетия культурные центры человечества средиземноморских стран вступили в живейший обмен, культурный, религиозный, философский и научный, мне кажется, имевший огромное значение для истории человечества. Мне кажется, это единственный случай в истории, когда завоеватель совершил огромную положительную работу, создав возможность мирного культурного общения культурных народов, изолированных веками, не разрушив вековой культуры и создав возможность их дальнейшего культурного роста. Правда, он умер молодым, почти юношей. Другой противоположный этому случай в истории человечества, когда изолированные культуры Южной и Центральной Америки столкнулись в XV и XVI вв. с испанцами и португальцами, что привело к порабощению и разрушению изолированной культуры мексиканцев, майя и перуанцев.

Самостоятельная научная работа, которая шла в Вавилоне, тогда персидском, впервые стала доступна Греции. Мы видим теперь, что в математике, в астрономии и технике Вавилон – халдеи, в течение поколений, частью много раньше греков, достигли больших успехов. Но и Индия, и Китай связались с эллинско-египетским центром. Это была почва, которая создала великие религиозные движения, в том числе и христианские. В эпоху, ближайшую к Александру Македонскому, в Афинах и в Александрии создались научные центры, и Аристотель и его ближайшие ученики – Феофраст – ясно отделили науку от философии.

203. Когда мы говорим о науке, мы должны иметь в виду, что в историческом ходе создания ноосферы, в котором проявляется наиболее резко биогеохимическая функция человечества, три исторических процесса имели наибольшее значение. С одной стороны, создание математики, уходящее в глубь веков, в Египет, к халдеям, больше 6 тысяч лет тому назад. Через несколько столетий первенство перешло к древним эллинам и независимо – к индусам. Но настоящий расцвет математики относится к XVII–XX вв. нашей эры. Темп этого роста все ускоряется. С другой стороны, создание научного аппарата системы природы и системы мысли из миллионов критически систематизированных научных фактов в области естественно-исторических и гуманитарных наук [63] – создание последних четырех столетий нашей эры (см. § 202). С третьей стороны, научное представление о положении человека в Космосе, окончательно сложившееся в конце XVII столетия и вновь мощно двинувшееся в XX в. (см. § 204).

Мне кажется, что до сих пор значение этих трех достижений точного знания недостаточно глубоко и полно оценивается в науке, и выводы, которые из этих достижений делаются, не доходят до научной полноты логического

анализа. Но человек увеличивает свое влияние на все окружающее его живое вещество своей *биогеохимической функцией* 3-го рода (см. § 195), резко отличающей его с XVIII–XIX столетия от всех живых организмов. *Эта биогеохимическая функция тоже может быть выражена геометрической прогрессией.* В частности, это указано для роста машин в начале XX столетия. Этот рост выражается также геометрической прогрессией, как размножение человечества, но более мощной (см. § 200).

Дарвин ясно сознавал, что выражение одной и той же математической формулой размножения всех организмов в геометрической прогрессии возможно только в том случае, если есть какое-то единое глубокое условие, отделяющее живое от косного. Он думал, по-видимому, что эта связь заключается в кровном родстве поколений, в частности, общих предков животных и растений. Он говорит: «Поистине изумителен тот факт, хотя мы ему и не изумляемся, так он обычен, что все животные и растения во все времена и повсюду связаны в группы, подчиненные одна другой, как мы это наблюдаем на каждом шагу, и именно так, что разновидности одного вида связаны друг с другом всего теснее; менее тесно и неравномерно связаны виды одного рода, образующие отделы и подроды, еще менее близки между собой виды различных родов и, наконец, роды, представляющие различные степени взаимной близости, выражаемые подсемействами, отрядами, подклассами и классами.

Различные подчиненные группы в пределах одного класса не могут быть распределены в виде одного ряда, а скучиваются вокруг других точек, и так почти бесконечными кругами. Если бы виды были созданы независимо один от других, то для этой классификации невозможно было бы найти объяснение; но она объясняется наследственностью и сложным действием естественного отбора, влекущего за собой вымирание и расхождение признаков.

Сродство всех существ, принадлежащих к одному классу, иногда изображают в форме большого дерева. Я думаю, что это сравнение очень близко соответствует истине» [64].

В значительной мере это (недооценка значения указанных трех великих достижений. – *Ред.*) связано с тем, что сейчас недостаточно сознается тот примат науки в наше время, который с каждым годом все более становится явным. До сих пор, частью по привычке, выступает в жизненном обиходе примат философии, которая до сих пор не овладела тем быстро накапливающимся научным материалом, который характеризует наш XX в.

Особенно это сказывается в философском понимании значения математики и ее выводов, где все попытки философии XX в. помочь выяснить истинное значение достижений математики кончились или кончаются неудачей [65]. Еще более это относится к философии прошлых столетий (как, например, философия Канта), которая пыталась выяснить сущность математики и рассматривала ее с философски строяемым человеческим разумом. За последние три столетия история математики выяснила нам с достаточной точностью ход ее научного развития и с несомненностью указала, что все корни ее теснейшим образом связаны с изучением реальности окружающей нас природы и жизни и проверены бесчисленным количеством точно установленных эмпирических фактов.

В то же время состав математических наук резко отличается от того материала наук о природе и наук гуманитарных, которые составляют предмет

научного аппарата, о котором я только что говорил, и в своих выводах и в развитии лежащих в основе математики принципов, человек может всегда выходить за пределы реальности, чего не может быть в научном аппарате.

Вследствие этого мы не всегда можем быть уверены в реальности всех тех возможностей, которые математики логически правильно выводят. У нас нет никакого другого пути для проверки, как путь обращения к научно точно установленным фактам и к таким же эмпирическим обобщениям. С одним из таких выводов мне пришлось иметь дело, с вопросом о существовании разных геометрических пространств, разных геометрий в окружающей природе и разных пространств-времен (см. § 128).

Математика в ряде своих проявлений может делать построения, лежащие вне изучения реального мира, и создает символы и отвлеченные построения, которые сближают ее с логикой. Но так же, как логика, она не может входить в столкновения с научными выводами. Мир ее явлений может быть, по-видимому, ирреален, но решено это может быть только научным исследованием.

Так же, как музыка, математика может дать нам понимание реальности, не сталкиваясь с научными представлениями о структуре мира. Она достигла было расцвета в эллиническое время, почти одновременно у эллинов и древних индусов, может быть независимо, но в Европе возродилась вновь в XVI–XVII столетиях, опираясь на вновь тогда найденные греческие рукописи, возбуждавшие научное творчество итальянцев, англичан и французов главным образом.

Мир математики так же бесконечен, как и мир окружающей нас природы, может быть даже больше. Он способен создать ирреальные миры, исходя из реального, и с помощью символов охватывать иначе не поддающееся научному пониманию. Новая математика, непрерывный расцвет которой начался с XVII в., быстро оставила за собой в течение двух-трех столетий все то, что было добыто древними эллинами и индусами.

В третьем и четвертом веке до нашей эры, в эллинистическое время, в Афинах и Египте, были заложены Аристотелем, Феофрастом первые основы научного аппарата в области естественно-исторического знания и в Александрии первая точная методика исторической критики. К сожалению, они просуществовали только несколько столетий и восстановились только в XV в. в других местах. Они замерли при крушении эллинистической цивилизации. Много позже, почти через тысячу лет, они возродились в XVI, XVII и особенно XVIII в., когда окончательно установилась та форма научной работы с бесконечным количеством фактов, которая связана с *систематикой* и с гуманитарными областями знаний. От «Системы мира» Линнея (1707–1773), который в ней создал первый опыт возможности работать с тысячами видов растений, животных и минералов, который (опыт) и в наше время позволяет в новых формах охватывать научно и держать в уме миллиарды фактов.

То же самое явление, подготовленное в XVII в., произошло в том же XVIII в., с охватом исторических фактов, касающихся человека и всех наук филологических, экономических, статистических, касающихся человека. Этот научный аппарат фактов, охваченный все больше и больше математикой, есть то новое орудие, с которым *человек входит в ноосферу* (см. § 199).

204. Самым последним, ныне нами переживаемым, выявлением реальности было представление о положении человека в окружающем Космосе. Долгие смены тысяч поколений прошли, прежде чем появились первые проблески *научного понимания человеком своего положения*. Создано было огромное число веками передававшихся, изменявшихся религиозных и философских построений, в которых человек пытался ответить на эту поставленную жизнью перед ним проблему. Историю этих исканий мы знаем только в общих чертах на недостаточно критически переработанном материале.

Может быть, первым таким проблеском была мысль грека Аристарха, жившего на о-ве Самосе в середине третьего века до нашей эры, т.е. больше 2200 лет тому назад. Он первый, насколько мы знаем, пытался доказать, что Земля, на которой мы живем, вращается вокруг Солнца. С тех пор эта идея не исчезала с научного горизонта и о ней знал Коперник, который первый реально положил начало тому перевороту, который через несколько поколений после него окончательно вошел в научное мировоззрение.

В 1543 г. вышла в Нюрнберге на латинском языке книга каноника Николая Коперника из Фрауэнбурга в Польше около Торуня (1473–1543) «*De revolutionibus orbium caelestium*» (Об обращении небесных кругов).

Печатный экземпляр этой книги, плод многолетнего тяжелого труда, он увидал только на смертном одре. Две основные идеи вытекали из его открытия. Во-первых, идея огромности Космоса, бесконечности Вселенной. И, во-вторых, ничтожное место в Космосе нашей планеты и самого Солнца. Первая идея охватывала уже древнегреческих и индийских мыслителей и идеи эпикурейцев, и, в частности, Лукреция Кара [66]. В Европе первую идею находят за одно поколение до Коперника у кардинала Николая Крепса, родом из деревни Куз на Мозеле в Германии – Николая Кузанского (1401–1464). Философски она была обоснована Джордано Бруно (1548–1600), который был сожжен в Риме.

После открытия Коперника движение мысли шло непрерывно. Иоганн Кеплер (1571–1630) сделал основной шаг к пониманию Солнечной системы, открыв первые эмпирические законы движения планет вокруг Солнца. Галилео Галилей (1564–1642), профессор в Пизе и Падуе, с помощью телескопа и блестящих теоретических исследований сделал планетный мир научно реальным. Его младший современник голландец Христиан Гюйгенс (1629–1695) шел по тому же пути. И, наконец, Исаак Ньютон (1642–1727) дал первую научную точную картину Вселенной, открыв основные законы Солнечной системы, их единство в Космосе (см. § 119). Принципы, установленные Ньютоном, охватили весь Космос, но не давали понятия о его реальной величине. Это было дано Вильгельмом Гершелем (1738–1822), немцем, переселившимся в Англию.

Он дал картину звездных миров, столь полную и точную, что она в основных чертах сохраняется и до сих пор, поскольку это касается механического ее проявления. В XIX столетии открытие спектрального анализа Бунзеном и Кирхгофом оживило этот такой нам чуждый по своей грандиозности мир и дало понятие о его химическом составе.

Век атомизма, который мы переживаем в XX столетии, внес новые черты, которые сделали его еще более чуждым, но в то же самое время неразрывно связали его как с нашей Землей, так и с нашим существом в единое целое.

205. Будет удобно сделать некоторое отступление, считаясь с тем, что в широких слоях нашей страны под влиянием школы существует совершенно превратное понятие о реальном ходе истории научного знания.

После падения Римской империи и варваризации Европы, западной и восточной, в течение нескольких столетий господства варварских завоевателей традиция научной работы в странах древней цивилизации западной и восточной Европы на несколько столетий прекратилась или замерла. Это – наши средние века. Интересы религии и связанные с ней философии господствовали, когда через несколько столетий началось Возрождение.

В то же самое время медленный глубокий упадок в творческой научной работе к XV–XVII столетиям, когда научная мысль вновь возродилась в Западной Европе, охватил центры древних цивилизаций Индии и Китая.

Получалось впечатление, что века упадка научного знания и творческой научной работы были не местным явлением, а общечеловеческим.

Большой заслугой Г. Сартона была попытка проследить фактически, не мудрствуя лукаво, ход научной мысли и научного творчества, начиная от древнейших веков и захватив в этом обзоре не только корни западноевропейской культуры, но и работу, шедшую в Азии и Африке. Из этого фактического обзора ясно стало, что хронологически с точностью до одного-двух поколений не было единовременного упадка, хотя несомненно кое-что из того, что было человеком огромным трудом найдено, терялось, и потом вновь открывалось несколько поколений спустя. В общем итоге эти потери исчезали, и реально человеческая мысль неуклонно шла вперед с остановками, но не уменьшая существенным образом высоты своего уровня. Упадка научного творчества и научного знания для всего человечества не было.

Но центры научной мысли и работы в эпохи глубокого упадка варваризированной Европы создавались в арабской и сирийской цивилизациях, в Индии и Китае. Этот фактический синтез Сартона все-таки до сих пор является неполным и не дает нам полного впечатления, так как работа китайских и дальневосточных государств не была достаточно принята им во внимание, и с этой поправкой картина непрерывного, хотя временами и замедленного, роста научного знания в мировом масштабе является нам все более и более ясной¹. За последние три столетия научная мысль охватила все человечество, и восточная Европа – наша страна, и новый мир – Америка, заняли в ней видное место. Со второй половины прошлого столетия Индия, Китай и Япония вошли в это общее движение и создались были большие международные научные организации, сила которых продолжала расти до мировых войн XX в., в которых мы теперь живем.

Мне кажется ясно, что и сейчас ослабленная и отчасти приостановленная в военное время, начавшаяся складываться во второй половине XIX в. международная всемирная научная организация должна быстро развиваться и восстановиться в небывалых раньше рамках, так как без этого невозможно

¹ Остается в стороне и совершенно не изучена та научная работа, которая шла в южно-американских и среднеамериканских государствах и которая была разрушена варварскими ордами испанцев. Мы знаем, что астрономические, ботанические и другие работы здесь достигли большого совершенства, что перуанцы знали 0 (нуль) в ряду чисел, который был не известен грекам и который в Европе стал известен несколько столетий позже. Выяснение этой истории представляет огромный научный интерес.

быстро восстановить безумно разрушенные культурные ценности. Это невозможно без организованной мировой научной единой организации вне всяких государственных, расовых и религиозных ограничений.

С биогеохимической точки зрения важны, конечно, не научная мысль, не научный аппарат, не орудия науки, но тот реальный результат, который скачивается в геологических явлениях, вызванных мыслью и работой человека в новом состоянии биосферы, которое им создается, – в ноосфере.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Huygens Ch. Cosmotheoros*, 1905. Принцип, высказанный Х. Гюйгенсом в этой последней его работе, гласит, что жизнь есть не только земное, но и космическое явление. «Космотеорос» – «Книга мировоззрения» – был еще в начале XVII в. дважды издан на русском языке в переводе И.В. Пауге, в 1717 и 1724 гг.
2. *Белявский С.* // Вестн. АН СССР. 1940. № 7. С. 28.
3. *Wallace A.* Contributions of the theory of natural selections. 2nd ed. 1872.
4. Это признавал и Уоллес.
5. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. Вып. 3. О состояниях пространства в геологических явлениях Земли. М.: Наука, 1980. С. 85–164. (Тр. Биогеохим. лаб.; Т. 16).
6. *Russel H.* Solar System. N.Y., 1935; *Jeans J.* Astronomy and cosmogony. С, 1928; *Spencer H.J.* The atmosphere of planets. L., 1938; *Spenser H.J.* Life on ofer worlds. N.Y., 1940; *Wildt R.* // Proc. Amer. Philos. Soc. 1939. Vol. 81, № 2. На рус. яз.: Астрон. журн. 1940. Т. 17, вып. 5. С. 81.
7. *Jeans J.* //Nature. 1941. Vol. 147. P. 526.
8. Надо думать, что в верхних атмосферных оболочках в образовании газов играют роль космические процессы.
9. *Dumas J., Boussingault J.* Essai de statique chimique des êtres organiques. P., 1841. Буссенго глубже других понимал геохимический аспект явлений. Это был один из самых проницательных мыслителей в этой области в XIX в.
10. *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. Вып. 4. О правизне и левизне. М.; Л., 1940. 16 с.
11. *Вернадский В.* Автотрофность человечества // Биогеохимические очерки. М.; JL, 1940. С. 50.
12. Хлорофилл – зеленый пигмент растений, по составу близкий к белкам, содержит до 2% Mg. Роль его в геохимическом эффекте живого вещества совершенно исключительная.
13. *Виноградский С.Н.* //Bot. Z. 1888. S. 261; Cbl. Bacterid. 1922. Bd. 2. N. 1. S. 57.
14. *Омелянский В.Л.* Основы микробиологии. 8-е изд. JL, 1936. С. 206.
15. *Вернадский В.* Автотрофность человечества // Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 47. В более полном виде эта статья была напечатана в «Rev. gén. sci». (P., 1925. Vol. 36, № 17/18. С. 495–502).
16. *Вернадский В.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 73 и доб.
17. Атомный вес иода не отвечает целому числу, а в то же время в природном иоде не удается открыть изотопов. Это загадка. Между тем мы получаем изотопы иода так называемым разрушением химических элементов (см.: Ч. I, табл. 4). Этот «искусственный иод» другого атомного веса.
18. Возможно, что будущее покажет, что большинство, а может быть и все, элементы обладают действенной свободной энергией.
19. *Бруновский Б.К., Баранов В.И., Кунашева К.Г.* // Тр. Биогеохим. лаб. 1930. Т. 1. С. 49–59.
20. То же.
21. *Бурксер Е.* // Зап. Об-ва сельск. хоз-ва юга России. 1914; Biochem. Z. 1827. Bd. 181. № 1–3; *Piggot C., Urri W.* //Amer. J. Sci. 1941. Febr.; Nature. 1941. Vol. 147. P. 749.
22. *Henderson L.* // Die Umwelt des Lebens. 1914; The order of Nature. 1917.
23. *Сеченов И.М.* Собр. соч. М., 1907–1908.
24. См. 19, 20.
25. *Вернадский В.* // Докл. АН СССР. 1936. Vol. 3, № 3. С. 129–133; *Brewer A.* // J. Amer. Chem. Soc. 1935. Vol. 58. P. 315–368; Phys. Rev. 1935. Vol. 48. P. 640.

26. Вернадский В., Виноградов А.П., Тейс Р.В. // Докл. АН СССР. 1941. Т. 31, № 6. С. 574–577.
27. Вернадский В. Об условиях появления жизни на Земле. – Изв. АН СССР. Сер. 7. ОМОН, 1931, № 5, с. 633–653; Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940, с. 205–206.
28. Вернадский В. О газовом обмене земной коры // Изв. АН. Сер. 6. 1912. Т. 6, № 2. С. 141–162; также «Очерки и речи». Пг., 1922. Вып. 1. С. 90–112.
29. Jeans J. // Nature. 1941. Vol. 147. P. 526.
30. Холодный Н.Г. О выделении летучих органических соединений живыми микроорганизмами и об усвоении их микроорганизмами почвы // Докл. АН СССР. 1943. Т. 41, № 9. С. 416–418; Летучие выделения цветов и листьев как источник питания организмов // Докл. АН СССР. 1944. Т. 43. № 2.
31. Термин «борьба за газ» введен лесоводами.
32. Вернадский В. Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 149–152.
33. Я вместе с К.А. Ненадкевичем пробовал повторить и развить опыты Готье, но мы должны были прекратить эту работу, так как в лаборатории Академии наук, где мы работали, мы не могли избавиться от аммиака. У меня осталось впечатление, что опыт этот надо поставить в условиях, когда вся реакция идет вне воздуха лаборатории, что нам было недоступно. Теоретически наличие аммония в алюмосиликатах более чем вероятно, и возможно, что мы имеем здесь дело с пропущенным основным явлением в истории азота на нашей планете, благодаря недостаточной точности химических анализов алюмо- и феррисиликатов и, может быть, силикатов.
34. Вернадский В. Опыт описательной минералогии. Т. 1. СПб., 1908–1914; История минералов земной коры. Т. II, вып. 1–3. История природных вод. Л., 1933–1936; *Hauy R. Traité de mineralogie*. 1802, 1822.
35. Мне приходится возвращаться вкратце, правда, второй раз к этому вопросу. В 1921 г., когда я был ректором Таврического университета в Симферополе, на заседании съезда Общества естествоиспытателей под моим председательством я должен был делать доклад на тему: «О геологическом значении запахов». Был написан только конспект. Это было больше 20 лет тому назад. Как раз перед моим докладом внезапно умер во время заседания старый профессор астрономии Харьковского университета Струве. Заседание не состоялось. Возвращаясь теперь, через 20 с лишним лет, к этому вопросу, я вижу, что по нему за это время почти ничего не сделано. Но для меня ясно еще больше, чем прежде, значение этих явлений. Кто-нибудь более молодой должен эту работу сделать. О запахах см. работы Е.С. Бурксеры.
36. *Оттоцкий П.В.* Литература по русскому почвоведению. СПб., 1898.
37. *Woeler F. Künstliche Bildung des Harnstoffes* // *Poggendorf's Ann.* 1828. Bd. 12. Синтез мочевины обессмертил имя Велера как ученого.
38. *Krogh A., Ossing H.H.* // *Scand. arch, physiol.* 1936. Vol. 75. P. 90–104; *Chem. Zbl.* 1938. Bd. 1. S. 2731.
39. Вернадский В., Виноградов А.Л. // Докл. АН СССР. А. 1931. № 6. С. 148–152; 1933. Vol. 197. P. 1556–1557.
40. *Ливингстон Д.* Путешествие по Южной Америке. 1947.
41. *Stoklasa J.* Über die Verbreitung des Aluminium in der Natur. Jena, 1922.
42. *Малюга Д.П.* // Тр. Биогеохим. лаб. 1939. Т. 5. С. 91–111.
43. Баранов В.И. Об усвоении радиоактивных элементов растениями // Докл. АН СССР. Т. 24, № 9. С. 945.
44. *Issatschenko B.* // *J. Bacteriol.* 1940. Vol. 40, № 3. P. 379.
45. То же.
46. То же.
47. Вернадский В. Эволюция видов и живое вещество. Биогеохимические очерки. // М.; Л., 1940. С. 135 и сл.
48. *Metalnikov S.* La lutte contre la mort. P., 1937. Maupas.
49. *Carrel.* Man the Unknown.
50. *Таусон В.О.* // Сборник памяти К.А. Тимирязева. М.; Л., 1941. С. 177 и сл.; Архив биол. наук. 1936. Т. 43. С. 267.
51. *Wilser J.* Lichtreaction in fossil. Tierwelt. L., 1931. S. 161.
52. Вернадский В. Эволюция видов и живое вещество // Природа. 1928. № 3. С. 227; Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 135–146.

53. Lotka A. Elements of physical biology. 1925.
54. Вернадский В. Гётте как натуралист // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1946. Т. 21, № 1. С. 35–36.
55. Кесслер Э.А., Кропоткин П.А. Взаимная помощь среди животных и людей как двигатель прогресса. 1922.
56. Грегори В. Эволюция лица от рыбы до человека. М.; Л., 1934. С. 51.
57. Ссылка отсутствует.
58. Грегори В. Указ. соч. С. 55.
59. Считая смену поколений через 25 лет.
60. Самая древняя стадия эолита – кентская (Кент, Англия); Reid Muir J. // Nature. 1941. Vol. 148. P. 220.
61. Broom R. // Nature. 1941. Vol. 148. P. 13.
62. На оригинале написано: «Дать исторический очерк понятия «энергия»».
63. Вернадский В. Проблемы биогеохимии. Вып. 2. М.; Л., 1939. С. 9–10.
64. Дарвин Ч. Сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1939. Т. III.
65. Voss K. Das Wesen der Mathematik. S. 50, 88–90, 91–94, 113 u. ff.
66. Titus Lucretius Carus (95–55 или 51 г. до н.э.) – автор гениальной поэмы «De rerum naturae» (О природе вещей), дающей атомистическое представление о мире на основании учений Демокрита и Эпикура. Влияние Лукреция Кара в эпоху Возрождения было громадно. См.: О природе вещей. Л.: Academia, 1936.
67. G. Sarton.

**ЗНАЧЕНИЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ
И БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ РОСТА
И РАЗМНОЖЕНИЯ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА
В СТРУКТУРЕ БИОСФЕРЫ**

Значение первого и второго биогеохимических принципов. Персистенты (§ 206, 207). Третий биогеохимический принцип (§ 208). Борьба за существование Мальтус и его ошибки (§ 209). Принцип солидарности и цепи жизни (§ 210). Направленность эволюции видов (принцип Дана). Невозможность в биосфере монофилетической гипотезы. Значение проникающих космических излучений с этой точки зрения (§ 211, 212). Биогеохимическая энергия роста и размножения (§ 213–215). Изменение биосферы – геохор и океанов – под влиянием биогеохимической деятельности человека (§ 216, 217). Размножение организмов сводится к одной общей формуле – геометрической прогрессии. Связь размножения с атомами. Таблица 23 – постоянные размножения (§ 218, 219). Размножение, выраженное в геометрической прогрессии, его особенности (§ 220, 221). Вирусы и бактериофаг (§ 222). Скорость заселения планеты живым веществом его размножением (§ 223, 224). Вмешательство человека – стремление к ноосфере (§ 225). Культура человека и дикая природа (§ 226). Значение поля земного тяготения для явлений размножения (§ 227). Волны жизни. Таблица 24 – сравнение площади k_1^1 и k_3^1 для того же организма (§ 228). Явления размножения в планетном масштабе (§ 229). Скорость заселения живым веществом поверхности планеты плоскостная и линейная. Таблица 25 (§ 230). Скорость заселения культурных и диких организмов. Таблицы 26, 27 (§ 231).

Скорость размножения наименьших организмов – бактерий. Величина τ – скорость создания одного поколения делением (§ 232, 233). Скорость звука в среде жизни бактерий и величина τ (§ 234). Таблица 28, скорость размножения.

206. Как указано, биогеохимические функции приводят нас к эмпирическим обобщениям, которые я назвал биогеохимическими принципами. Их три. Первые два прямо связаны с биогеохимическими функциями.

1. *Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.*

2. *Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.*

Оба эти принципа тесно связаны с особым энергетическим характером проявления живого вещества в биосфере. В своих лекциях в Сорбонне, в Парижском университете в 1923–1924 гг., часть которых была позже напечатана и несколько раз переработана с 1924 г. в виде «Очерков геохимии» [1], я обратил внимание и свел имевшиеся данные об особом энергетическом характере живого вещества в структуре нашей планеты [2]. Живое вещество перерабатывает на нашей планете три различные формы энергии: 1) космическую лучистую энергию Солнца, тепловую, световую; 2) космическую атомную энергию радиоактивного распада, причина которого неизвестна, но который охватывает, по-видимому, все элементы (α -, β - и γ -излучений) и 3) космическую, исходящую из нашей Галаксии (Млечного Пути), энергию рассеянных элементов¹. Первая – энергия Солнца – резко преобладает.

¹ *Космической энергией* я называю такую, под действием которой скорость движения частиц превышает скорость отлета на нашей планете (см. § 19).

Однако мы слишком мало знаем о явлениях жизни и о причине необходимости для нее сверх солнечной, еще и атомной энергии, чтобы оставлять без внимания захват живым веществом радиоактивных элементов (и действие космических лучей), проявления которых находятся во всех организмах, в которых их искали.

Для радиоактивных элементов это было доказано работами нашей Биогеохимической лаборатории (Б.К. Бруновский, проф. В.И. Баранов, К.Г. Кунашева, С.Г. Цейтлин; см. § 175). Их количество в организмах явно не случайно, а является видовым признаком.

Мы не должны забывать, что радиоактивные явления, так же как и явления жизни, противоречат принципу энтропии.

В результате этой переработки, взятой в целом, энергия живого вещества проявляется в сторону, обратную принципу энтропии Клаузиуса¹. Ибо действием живого вещества на земной поверхности создается мощное развитие свободной энергии, способной производить работу и, соответственно, производящей огромные изменения химические и физические на нашей планете, непрерывно действующие, по крайней мере, три миллиарда лет. Эта биогенная энергия находится как в действенном состоянии, способном производить работу, так и в пассивном (потенциальном), которое может переходить и постоянно переходит в действенную форму.

Действенная форма выражается в биогенной миграции атомов. Она выражается всеми указанными биохимическими функциями (см. § 176 и сл.): газовыми, концентрационными, окислительно-восстановительными, биохимическими функциями и биогеохимической функцией человека. Пассивная энергия концентрируется в биогенных минералах, среди которых твердые и жидкие каустобиолиты (см. § 196–197) играют основную роль.

Впервые Р. Майер (1814–1878) правильно указал, что энергия каменного угля, образно говоря, но говоря точно, есть энергия ископаемого солнечного луча древних геологических периодов². Такая организованность планеты существует, по крайней мере, три миллиарда лет. Мы можем утверждать для этого промежутка времени, что термодинамические условия температуры и давления на земной поверхности, где сосредоточивается жизнь, были все это время примерно одни и те же или изменялись незначительно, ибо непрерывность поколений не нарушалась, и эволюционный процесс не показывает никаких катастроф и не дает возможности думать, что происходили какие-нибудь резкие изменения. Одно изменение, по-видимому, существует: что жизнь проникает всюду, где ее не было, но мы не можем утверждать, что это действительно были всегда свободные от жизни области планеты, никогда в другие геологические времена ею не занятые. Представляется возможным, что эти свободные от жизни области образовались в ближайшие геологические эпохи, и мы наблюдаем только освоение новыми формами жизни областей, в которых старое живое вещество почему бы то ни было исчезло. Возможно, что это так, например, для пещерной жизни. Но возможно и допу-

¹ Нельзя забывать, что принцип энтропии Клаузиуса может существовать только в конечном Космосе.

² Это может не касаться, например, нефти, если подземная жизнь вне Солнца необходима для ее образования, на что, по-видимому, все указывает.

щение, что мы здесь видим и реальное расширение области жизни, причем шла длительная эволюция организмов, приспособляющихся к новым условиям. Мне кажется, иначе трудно уверенно объяснять приспособления глубоководных, живущих глубже 6 км, организмов, но доказанным это считаться не может.

Все живое представляет из себя непрерывно изменяющуюся, состоящую из самых разнообразных живых веществ, совокупность организмов, теснейшим образом между собою связанных и подверженных эволюционному процессу в течение геологического времени. Это своеобразное динамическое равновесие, стремящееся с ходом времени перейти в статическое равновесие.

Этот факт совершается тем путем, что с ходом геологического времени свободная энергия должна быть равна нулю или приближаться к нулю, раз равновесие не может прийти в строго статистическое состояние. Чем более длительно его существование, если нет никаких равноценных явлений, действующих в противоположную сторону, тем ближе к нулю будет свободная энергия. Вся работа, которая может быть сделана, будет сделана. И чем ближе будет такое динамическое равновесие приближаться к состоянию нулевой свободной энергии, тем устойчивее будет равновесие.

207. В данном случае мы видим два явления, которые сосуществуют одновременно, два рода биогенных миграций атомов, одновременно существующих и слагающихся. С одной стороны, биогенная миграция, в геологическое время не меняющаяся и, с другой стороны, биогенная миграция эволюционного процесса, в масштабе исторического времени не меняющаяся, но резко меняющаяся в аспекте геологического времени. Первый и второй *биогеохимические принципы* и отвечают этим двум эмпирическим обобщениям – двум типам биогенных миграций.

Мне кажется, первый принцип (см. § 206) есть простое эмпирическое обобщение, прямо вытекающее из факта устойчивости геологического процесса в ходе *исторического* времени и положения термодинамики, что для этого необходимо, чтобы вся работа, которая может быть сделана, была сделана, т.е. чтобы действительная энергия приближалась к нулю.

Второй принцип (см. § 206) заключает некоторое допущение, которое, мне кажется, однако, неизбежно вытекает из фактов геологически медленного, геологически длительного изменения эволюции видов живых организмов. Оно связано с тем, что, насколько мы видим эволюционный процесс, он идет с различной скоростью для отдельных видов. Наряду с изменчивыми организмами, быстро подлаживающимися в аспекте геологического времени к новым условиям окружающей их *живой среды*, существуют организмы «персистенты» (см. § 198), которые морфологически, а следовательно, и химически, совершенно не менялись в заметной степени, например *Lingula* с кембрийского времени, т.е. в течение 500 млн лет, по крайней мере (см. § 32). В Бретани, в Чехословакии найдены остатки радиолярий альгонского времени, не отличимые по форме от современных.

Несомненно, эти неизменные организмы представляют из себя в этой общей картине природы небольшую часть, но, с другой стороны, мне кажется, они доказывают, что в непрерывно происходящем эволюционном процессе в ходе геологического времени, который захватывает огромное большинство

видов, отдельные виды могут оставаться неизменными. Их биогенная миграция не меняется. Она не может уменьшаться, так как этому противоречит борьба за существование.

При наличии этой борьбы не может быть уменьшения биогенной миграции. К сожалению, я не могу сейчас располагать материалом, который помог бы решить этот вопрос при современном состоянии биологических наук, где на количественную сторону явлений все еще не обращают достаточно внимания и где изучение формы резко преобладает.

В вырождении, с морфологической точки зрения, например, когда паразиты чрезвычайно упрощают свою морфологическую структуру, они как раз чрезвычайно увеличивают биогеохимическую энергию, энергию размножения, т.е. чрезвычайно увеличивают биогенную миграцию своих атомов, что усиливает их положение в борьбе за существование.

Оба эти принципа определяют *ту организованность*, которую проявляет биогенная миграция атомов живого вещества в аспекте геологического времени.

208. Мы должны принять во внимание в настоящее время одно явление, которое для нас должно иметь характер аксиомы, но выводы из которой не принимают во внимание. Оставаясь на эмпирической почве, не касаясь вопроса о происхождении жизни (см. § 114), если она на нашей планете имела начало, со строением планеты связанное, мы должны считать, что при распространении организмов геометрической прогрессией планета должна быть заселена с геологической точки зрения почти мгновенно в масштабе геологического времени, каковы бы ни были организмы. Это является следствием размножения всех организмов, согласно геометрической прогрессии и борьбе за существование, которая, очевидно, вследствие этого не могла прекратиться на нашей планете взятой в целом, ни на секунду. Исходя отсюда, мы должны заключить, что в течение всего геологического времени количество жизни на нашей планете, ее заселение должно быть *максимально* соответственно той фауне и флоре, которая существовала с криптозооя и которую для океана мы видим в остатках, ярко выраженных с альгонгга, а для суши – с кембрия. В 1859 г. Ч. Дарвин выразил это явление очень осторожно следующим образом: «Хотя очень немногие из древнейших видов оставили по себе изменившихся потомков, тем не менее в отдаленные геологические периоды земля могла быть *почти так же густо населена*, как и теперь, видами многочисленных родов, семейств, отрядов и классов» [3]. В русском академическом издании Дарвина, в примечаниях редактора проф. А.Д. Некрасова, правильно указано, что современная палеонтология дает очень много иллюстраций к данному положению [4]. В связи с этим, насколько я могу разобраться в этих вопросах, можно высказать это положение иначе: *в течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможное для всего живого вещества, которое тогда существовало*. Это положение можно считать, если это окажется нужным, третьим биогеохимическим принципом.

К сожалению, не организована *систематическая работа палеонтологов* по изучению нижнего кембрия и альгонгга. Открытия делаются случайно и не систематично. А это тем более важно, что сейчас мы не идем в эволюционном процессе глубже пяти типов животных. *Древо жизни эмпирически не*

превращается в один ствол, как думал это Дарвин. Есть ли это следствие реальности этого явления или неорганизованности, неполноты нашей научной работы? В сущности это основной вопрос теории эволюции. Стоя на эмпирической точке зрения, мы должны считать более вероятным не происхождение всех видов из одного ствола, а должны учитывать существование пяти типов, которые в течение геологического времени, нам известного [развивались одновременно].

209. Биогеохимическая энергия роста и размножения живого вещества¹ есть основное свойство всего живого вещества, для каждого вида организмов свое характерное и меняющееся в тех же пределах, в которых меняются вообще все другие видовые признаки. Это есть *энергия активная*, действенная, меняющая окружающую организм среду и проявляющая давление, напор в окружающей среде, если нужно и можно, разрушающая препятствия. Ее выражением является борьба за существование, принцип, окончательно введенный в научную и философскую мысль в конце XVIII – начале XIX в. Мальтусом (1766–1834) на частном примере человека, но много раз возникший раньше него, имевший долгую многолетнюю историю, как это мы видим теперь [6].

Мальтус не сознавал его общего значения для всего живого и его отсутствия в косном веществе планеты. Применив этот принцип к человеку и к земледелию, Мальтус не сознавал, что основной его вывод приводит к другим заключениям, можно сказать, не верен, потому, что при правильной оценке геологически длительного роста размножения поколениями человека он не учитывал, что поскольку дело касается его питания и его потребностей, размножение растительных и животных организмов, их определяющее, неизбежно должно идти с большей силой и быстротой, должно выражаться геометрической же прогрессией бóльшей мощности количественно, чем та, которая определяет размножение человека. Эту поправку нужно всегда иметь в виду. Несуразность социального устройства в истории человека не позволяла ясно видеть этот вывод природного явления.

Ч. Дарвин (1809–1882) и А. Уоллес (1822–1913) распространили его на всю живую природу, оба в более глубокой форме. Оба они имели своих забытых предшественников, менее полно и ярко высказавших то же положение с XVIII в. Дарвин в своей книге, перевернувшей научную жизнь человечества в 1859 г. – «Происхождение видов путем естественного отбора», ясно показал, что *размножение всех животных и растений* может быть выражено *в форме простой геометрической прогрессии*. Он говорит: «Это учение Мальтуса с еще большей силой может быть приложено ко всему растительному и животному миру, так как здесь не может оказывать влияние ни искусственное увеличение пищи, ни благоразумное воздержание от брака».

«...Не существует ни одного исключения из правила, по которому любое органическое существо естественно размножается в столь быстрой прогрессии, что, не подвергаясь оно истреблению, потомство одной пары очень скоро заняло бы всю землю» [7].

¹ Синонимом этого понятия является «*геохимическая энергия живого вещества*», как я раньше ее называл [5].

«Слон плодится медленнее всех известных животных, и я постарался вычислить вероятную минимальную скорость возрастания его численности; он начинает плодиться, всего вероятнее, не ранее тридцатилетнего возраста и плодится до девяноста лет, принося за это время не более шести детенышей, а живет до ста лет; допустив эти цифры, получим, что в период 740–750 лет от одной пары получилось бы около девятнадцати миллионов живых слонов» [8].

«...Мы с уверенностью можем утверждать, что все растения и животные стремятся размножиться в геометрической прогрессии, что они быстро заполнили бы все станции, в которых могут так или иначе существовать, и что это стремление к размножению в геометрической прогрессии может быть задержано только истреблением в каком-нибудь периоде жизни» [9].

«Единственное различие между организмами, производящими ежегодно тысячи яиц или семян, и теми, которые производят их очень мало, заключается в том, что эти последние потребуют несколькими годами более для заселения, при благоприятных условиях, целой области любой величины» [10].

Дарвин знал и указал, что эта идея была ясна Линнею [11], который отмечал, что «однолетнее растение, производящее только по два семени – а не существует растения со столь малой производительностью – и их сеянцы... произвели бы через двадцать лет... потомство до миллиона». При этом ярко выявилось, что размножение человека резко отстает от создания массы вещества (размножения) нужных ему для пищи и культурных потребностей животных и растений.

Для человека Дарвин принял числа Мальтуса – удвоение в каждые 25 лет. Реальный процесс, насколько я могу судить, идет медленнее.

210. В отличие от последарвиновского периода истории биологических наук, сам Дарвин в своей научной работе является строгим и чистым эмпириком и стоит далеко от философских построений – гипотез и теорий, охватывающих современную биологию.

Единство живого вещества и теснейшая жизненная связь всего живого, результатом которой является борьба за существование, есть эмпирическое обобщение.

Но такими же эмпирическими обобщениями, как борьба за существование, должны быть учтены два других больших биологических явления, тоже эмпирические обобщения, тесно связанные со структурой живого вещества и которые все одновременно действуют и одновременно проявляются. Одно из них было выдвинуто русским ученым. Это принцип солидарности, выдвинутый сперва зоологом Кесслером и независимо от него, много позже П.А. Кропоткиным.

Выдвинутая на первое место борьба за существование, мне кажется, вошла в научное представление о видообразовании в большем масштабе, чем это выразил Дарвин в своем «Происхождении видов». Непрерывно и всюду одновременно действует еще третье явление, которое в биогеохимических процессах играет первостепенную роль. Это так называемые *цепи жизни*.

Мне кажется, что как в видообразовании, так и в реальности цепи жизни играют из этих трех явлений наибольшую роль. Цепи жизни – это отношение между организмами, которые связаны между собой тем, что один из них составляет пищу другого. Будет ли это выражаться в виде паразитов и хозяев

или в виде хищников и их животной пищи, или в виде растительной и их пищи – безразлично. Всегда и всюду появляются резко *биогеохимические провинции* (см. § 191).

Огромное значение Дарвин придавал биоценозам, говоря современным языком: «Но когда мы не упускаем из виду того соображения, что почти каждый вид, даже в своей метрополии, мог бы размножиться в громадных размерах, если бы не встречал конкуренции других видов, что почти все виды живут на счет других видов или сами служат им добычей, словом, что каждое органическое существо прямо или косвенно связано самым существенным образом с другими существами, тогда мы убеждаемся, что распространение обитателей какой-либо страны никоим образом не зависит исключительно от нечувствительно изменяющихся физических условий, но в значительной мере от присутствия других видов, которыми они питаются или которыми они уничтожаются, или с которыми они конкурируют; а так как эти виды резко выражены, а не сливаются друг с другом путем нечувствительных переходов, то и граница распространения любого вида, зависящая от распространения других видов, будет обнаруживать тенденцию иметь резко обозначенные границы» [12].

Он заканчивал свою книгу со второго издания, вышедшего в 1860 г., и до последнего при жизни в 1872 г. следующим образом: «Есть величие в том воззрении, по которому жизнь с ее различными проявлениями Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; и между тем, как наша планета продолжает вращаться согласно неизменным законам тяготения, из такого простого начала развилось и продолжает развиваться бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм» [13].

Это единственное место, в котором явно проявляется у Дарвина планетное значение жизни и которое ярко выступает, если подходить к явлениям жизни не только с точки зрения формы организмов, но и их химического характера. Но в основе всей концепции Дарвина лежит идея о борьбе за существование внутри живого вещества, населяющего нашу планету, но как бы являющегося в ней чуждым и независимым планетным явлением. Это основное воззрение сейчас можно считать не отвечающим реальности в такой простой форме.

Прошло 83 года после опубликования этой замечательной книги и больше 60 лет после смерти Ч. Дарвина, но она в этих пределах и сейчас так же жива и не устарела в основных своих положениях. Но с каждым годом все больше и больше увеличивается значение физического и химического подхода в изучении живого вещества, что им оставлено было в стороне.

В другом месте он говорит: «Органы в рудиментарном состоянии ясно указывают, что у отдаленного предка они были вполне развиты; а это во многих случаях вынуждает принять огромную степень изменений в потомстве. В пределах целых классов различные органы построены по одному образцу, и в очень раннем возрасте зародыши близко между собой сходны. На этом основании я не сомневаюсь, что теория (единства) происхождения, сопровождаемого изменением, охватывает всех представителей каждого обширного класса или царства. Я полагаю, что животные происходят, самое большее, от четырех или пяти родоначальных форм, а растения – от такого же или еще меньшего числа.

Аналогия заставила бы меня сделать еще один шаг – допустить, что все животные и растения происходят от одного общего прототипа. Но аналогия может иногда быть неверным путеводителем. Тем не менее все живые существа имеют много общего в их химическом составе, в их клеточном строении, в законах их роста и в их чувствительности по отношению к вредным влияниям. Мы видим это даже в таком, казалось бы, незначительном факте, каково, например, одинаковое действие одного и того же яда на растения и на животных или, например, действие яда насекомого, вызывающее уродливое образование галлов на шиповнике и на дубе. У всех органических существ, за исключением, быть может, самых низших, половой процесс существенно сходен. У всех, насколько в настоящее время известно, зародышевый пузырек одинаков, так что все организмы начинают свое развитие от одного общего начала. Если мы даже остановимся только на двух главнейших подразделениях, именно на животном и растительном царствах, то некоторые низшие формы представляют в такой мере промежуточный характер, что натуралисты не раз спорили о том, к которому из двух царств их должно отнести» [14].

После смерти Дарвина прошло больше шестидесяти лет, еще больше после его последнего прижизненного издания «Происхождение видов» – более семидесяти лет. И в настоящее время мы должны внести в эти выводы Дарвина поправку, которая ставит нам новые проблемы. Несомненно единство живого вещества. Интересно и важно, что еще 70 лет тому назад Дарвин ясно сознавал основное значение химических свойств живого вещества.

Единство всего живого в этой области ярко проявляется в биогеохимии. Но за шестьдесят-семьдесят лет в палеонтологии и в морфологии сделаны большие успехи и собран большой материал точных наблюдений и выводов, которые не позволяют нам говорить так, как говорил Дарвин в 1872 г. *Промежуточные звенья между большими основными типами животного и растительного ствола не находятся* и, по-видимому, не существуют, и чем глубже мы уходим в геологическое время, тем ярче это выявляется.

211. Биогеохимия, как мы уже видели (см. § 199), указывает не на случайность эволюционного процесса, а на его направленность (цефализация), которая фактически отмечена еще до Дарвина Д. Дана в эмпирическом обобщении из изучения палеонтологического материала. Мною он назван принципом Дана (см. § 199). Отмеченный Дана эмпирический факт упущен современными биологами, но резко проявляется в природных процессах в строении биосферы на фоне геологического времени.

Другое явление лежит в основе биогеохимии, которое не может не учитываться биологами и должно отражаться в эволюционном процессе. Это существование геологически вечной биосферы как геологической оболочки, в пределах которой идет эволюционный процесс. Этот эволюционный процесс не меняет биогеохимические функции живого вещества, которые захватывают все без исключения химические элементы, все больше и больше выясняемые по мере того, как мы углубляемся в изучение химической структуры биосферы (см. § 176). Говоря об эволюции видов, нельзя упускать и оставлять в стороне эту планетную функцию живого вещества, не нарушаемую эволюцией.

Эти биогеохимические функции, как мы видели (см. § 191), охватываются бесчисленными неделимыми и огромным числом видов живого вещества,

можно сказать, всеми. Невозможно себе представить и кажется фантастическим допущение, что когда-либо существовал один вид или немногие виды организмов, которые могли бы охватить все эти биогеохимические функции живого вещества, геологически вечные, создающие тропосферу, явления выветривания, те же самые биогенные породы, по крайней мере с археозоя или протезоя, т.е. больше полутора-двух миллиардов лет, и которые создаются миллионами видов.

Фантастична и противоречит реальности возможность существования единого морфологически однородного предка для растений и животных или немногих однородных предков нынешних организмов, или ограничение его немногими «ветвями» того древа жизни, о котором говорит Дарвин и которое после Геккеля охватило геологическую мысль.

Биолог должен считаться с тем, что на нашей планете в биосфере существует *не жизнь*, от окружения независимая, а *живое вещество*, т.е. совокупность живых организмов, теснейшим образом связанная с окружающей ее средой биосферы – *мощным геологическим фактором, от биосферы неотделимым*. Этот принцип мы всегда должны иметь в виду. Биолог не должен этого забывать, поскольку он имеет дело с определенной геологической оболочкой планеты – биосферой.

Живое вещество есть прежде всего планетное явление и не может быть оторвано от биосферы, *геологической функцией которой оно является*.

Еще до Дарвина вопрос о едином предке всех организмов, монофилетическом происхождении жизни, был поднят незадолго до появления основного труда Дарвина в обратившей на себя внимание работе Катрфажа (1810–1892) и других [15]. Он стоит нетронутым и сейчас, так как до сих пор, как это было и в 1859 г., не найдено палеонтологически ни одного звена между теми основными пятью типами животного царства, которые принимает и Дарвин и которые были установлены раньше него. В самых древних кембрийских отложениях все эти пять типов существуют, и переходы между ними не найдены. Как будто бы эволюционный процесс их не коснулся в течение тех пятисот миллионов лет, по крайней мере, которые прошли со времени кембрийской системы.

В настоящее время это центральный пункт, на который направлены усилия противников дарвинизма, мне кажется, по недоразумению, и который не получает точного ответа в современной науке.

Вполне научно допустимо, что разгадка лежит в докембрийских проявлениях жизни длительностью полтора-два миллиарда лет, которые в значительной мере уничтожены процессами метаморфизма и в которых исчезли звенья между типами. Такое предположение возможно, но пока нет никакого эмпирически точного намека на это. Эти основные проблемы были в течение последних десятков лет вновь переработаны акад. А.Н. Северцевым и его школой: он перед смертью свел в единое целое свою жизненную работу. А.Н. Северцев говорит (1934 г.): «Я держусь подобно большинству геологов и палеонтологов монофилетической точки зрения». «Нам приходится признать, что аргументация в пользу полифилетической гипотезы, если смотреть на нее по возможности беспристрастно, является в достаточной мере малоубедительной и слабой». Заканчивает он изложение своей точки зрения следующим образом: «Ввиду того, что исследования сравнительных анатомов и

палеонтологов, за немногими исключениями, говорят в пользу монофилии, и ввиду слабости доказательств, приводимых в пользу полифилетической гипотезы, я становлюсь на точку зрения первого из этих взглядов, т.е. признаю монофилетическое происхождение и дивергентную эволюцию крупных групп животного мира (типов). Вопрос, все ли типы развились из одного корня, я лично оставляю открытым» [16]. К сожалению, А.Н. Северцев, основываясь на морфологических, сравнительно анатомических и палеонтологических данных, оставил в стороне геологические достижения последнего времени. Основным, мне кажется, является то эмпирическое обобщение, которое начинает входить в геологическую мысль, впервые высказанное, сколько я знаю, В. Рамзаем в Гельсингфорсе и независимо от него Д.Н. Соболевым в Харькове (см. § 35). В истории нашей планеты начинают выявляться, можно сказать, критические периоды, в которых одновременно или последовательно по времени наблюдаются закономерные усиления орогенетических, тектонических, вулканических, ледниковых изменений биосферы. И, как ясно заметил Соболев, этому же времени соответствуют основные палеонтологические изменения планетной жизни.

Мы увидим, что в эти критические периоды всегда изменяются *состояния биосферы*, о которых будет идти речь дальше, и которые ярко проявляются в изменении живого вещества биосферы.

Как мною указано, к последнему ледниковому периоду относится последний скачок эволюционного процесса – появление *Homo sapiens*, мозга человека, биогеохимической энергии 3-го рода (см. § 55–56) и особого состояния биосферы – ноосферы.

Ясно, что это не случайное совпадение эволюции жизни, независимое от изменения планеты и критических ее периодов. Жизнь неотделима от биосферы, и живое вещество является ее функцией.

212. Сейчас, мне кажется, можно твердо стоять на той точке зрения, что представление о едином предке – монофилетическое представление, или о немногих предках противоречит тому, что мы знаем о геологическом значении живого вещества.

Но, сверх того, биолог не может не принимать во внимание одного фактора, им оставляемого в стороне. Фактором этим является основная форма энергии, которая проявляется в биосфере и лежит в основе всех ее геологических явлений, в том числе и живого вещества. Энергия эта – не только энергия Солнца, которая нам представляется геологически вечной и колебаний в которой в течение эволюционного процесса незаметно, но и другая космическая энергия, которая, по-видимому, неизбежно меняется по своей интенсивности в течение эволюционного процесса.

Эта вторая энергия есть энергия проникающих космических излучений, на значение которых я раньше указывал (см. § 20). Это самая мощная энергия, известная в биосфере. По-видимому, можно считать, если не установленной, то более чем вероятной ее связь с нашей Галаксией – Млечным Путем, с «загоранием» в нем определенных звезд, «новых» звезд – *Nova* и *Supernova Zwikki*. Это явление только что входит в наше мировоззрение, и оно, очевидно, не является постоянным и количественно неизменным фактором, влияющим на живое вещество. Оно имеет начало, обыкновенно длится несколько дней, редко годов, и меняет всю обстановку живого вещества биосферы.

Очень может быть, что надо с этой энергией считаться для объяснения происхождения типов животного царства. Надо иметь это явление в виду при обсуждении строения биосферы.

213. Биогеохимическая энергия роста и размножения живого вещества состоит из двух резко выраженных компонентов. С одной стороны, роста, который в конце концов останавливается, когда организм достигает зрелости и старости и может быть выражен в среднем весе (массе) *взрослого организма*. С другой стороны, *количества неделимых*, которые создаются размножением в течение каждого *поколения*. Существование поколений, неизменных для всех живых веществ, является характерной чертой, отличающей живое вещество от косной материи (см. § 167 (?)). В пространстве-времени оно дает природную меру времени, свою, отличную для каждого организма.

Наиболее быстрая смена поколений, пока точно известная, для бактерий – 64–65 поколений в сутки в среднем, т.е. каждое поколение образуется в среднем через 22,1–22,5 минуты. Бактерии размножаются *делением* и закон их размножения выражается простой геометрической прогрессией. Следовательно, если n – количество суток, то через n суток две бактерии, образовавшиеся при первом делении, превратятся в N_n неделимых. Мы можем это выразить уравнением¹

$$2^{n\Delta} = N_n.$$

Здесь для нас важно количество неделимых, которое образуется при таком размножении – число N_n . Это есть факт наблюдения. Его можно выразить иначе:

$$2^{n\Delta} = (\alpha + 1)^n = N_n.$$

(см. § 219). Наиболее медленная смена поколений отвечает половой зрелости сложных многоклеточных животных и растительных организмов, когда она существует для последних. Для растительного мира при вегетативном размножении смена поколений может идти гораздо быстрее и приближаться по скорости к размножению одноклеточных организмов.

214. Задачей, которую я себе поставил в 1916–1923 гг., было попытаться выразить в *единой формуле биогеохимическую энергию роста и размножения, общую для всех живых веществ*, и связать ее с их заселением планеты. Меня интересовало не единство формулы размножения, геометрическая прогрессия, из которой исходил Ч. Дарвин (см. § 209), следуя Мальтусу, и в сущности, раньше их обоих – Линнею, а процесс заселения планеты, который является ее следствием. Я хотел математически связать ее с размерами планеты, так как в реальности выявляется не размножение, подчиненное закону геометрической прогрессии, а *заселение* нашей планеты в зависимости, с одной стороны, от быстроты *размножения*, а с другой стороны, от быстроты *заселения*, т.е. от размеров нашей планеты. Борьба за существование идет на определенной территории, которая ограничена, и на нашей планете своя

¹ Во всем дальнейшем изложении мне придется пользоваться математическими формулами. Данная первая формула не требует никаких разъяснений по своей ясности и простоте, но дальше придется иметь дело с формулами, более сложными, которые сведены к более простому выражению с числовыми эмпирическими константами. Я не буду здесь давать их вывода и дам этот вывод в приложениях в конце книги.

собственная, совсем иная, отличная от всех других планет. В конце концов мне удалось решить эту задачу в первом приближении. Меня интересовал не организм, но геохимическое отражение его на планете.

Как видно из чисел, 1916–1923 гг. – это время Великой революции на моей родине, в которой я посильно принимал участие, исполняя свой гражданский долг, но в то же время непрерывно был охвачен этой мыслью, все время думал об этом и читал, что мог, вдумываясь в биологические проблемы в аспекте химическом и биологическом, которым раньше был чужд, даже в самые страшные моменты, которые пришлось переживать. Можно сказать, что я ни одного дня не терял, охваченный этой идеей в моих переездах из тогдашнего Петрограда в Полтаву, Киев, Ростов-на-Дону, Новочеркасск (тогдашний Екатеринодар), Ялту, Севастополь, Симферополь, Москву, Брно, Париж. В ряде этих городов я выступал с докладами в научных обществах, в Симферополе, Петрограде, Париже, читал связанные с этим лекции по геохимии и биогеохимии, этим путем слагавшиеся. В 1924–1925 гг. мне удалось, благодаря материальной помощи созданного тогда в Париже «Fondation L. Rosenthal» [17], получить досуг для математической обработки этого понятия. Эту работу я закончил летом 1925 г. в Бурля-Рен около Парижа, но в полной форме нигде ее не опубликовал, равно как и вывод основных математических понятий и положений, лежащих в ее основе. В этой работе мне помог проф. Е.А. Холодовский, позже погибший в Париже во время автомобильной катастрофы.

Французский оригинал моего отчета не был опубликован, так как я хотел опубликовать его в расширенном виде и не сумел найти время, чтобы обработать этот вопрос в той полноте, которая отвечает важности поставленной проблемы. Вернувшись на родину после четырехлетнего отсутствия, я в апреле 1926 г. изложил основы моего обобщения и дал главные формулы на заседании Ленинградского общества естествоиспытателей в докладе «О размножении организмов и его значении в строении биосферы» [18]. Еще раньше этот доклад был в январе 1926 г., по предложению физико-математического факультета Масарикова университета в Брно, сделан на русском языке в Брно, в Чехословакии. Доклад был напечатан в 1926 г. в «Известиях Академии наук» на русском и французском языках¹. 27 июня 1927 г. в более конкретной форме основные результаты были изложены мною во время «Советской недели естествоиспытателей и врачей» в Берлине и напечатаны на немецком языке в 1928 г. в журнале «Zentralblatt f. Mineralogie»².

Вполне чувствуя вред такого положения дел для распространения мне дорогих идей, я все же не сумел в сутолоке жизни и в интенсивной работе в Радиевом институте и в Биогеохимической лаборатории, в это время создававшейся, найти время для изложения этой проблемы в той форме, в которой я находил нужным. Я хотел изложить это в отдельной книге. Пытаясь это сделать теперь, с таким большим запозданием, я должен в оправдание себе подчеркнуть, что я столкнулся здесь с почти полным отсутствием точных эмпирических данных, основных для тех математических формул,

¹ С небольшими изменениями этот доклад был напечатан в моих «Биогеохимических очерках» (М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 59–83).

² *Abt B.L.* 1928. P. 583–594. Русский перевод был впервые напечатан в 1940 г. в тех же «Биогеохимических очерках» (С. 126–134).

которые были мной выведены для определения биогеохимической энергии. Надо было заняться этим самому или организовать сбор этих данных, что мне до сих пор не удалось.

В эти формулы, во-первых, входят данные *размножения*, необычайно разнообразного, которые нужно было и ввести в единые математические рамки, что было мною в моих формулах сделано (см. § 219), и, во-вторых, необходимы были точные данные для *массы*, т.е. в данном случае *среднего веса* всех видов организмов.

Нужные данные для размножения для той общей формулы, которую я дал, оказалось более легко получить, чем данные для веса. Размножение надо было связать с *быстротой заселения планеты* данным организмом. Для этого надо было знать число индивидов *одного поколения и длительность* его создания.

Мы увидим, что, исходя из одного неделимого для одноклеточных при бесполом размножении и двух особей при половом для большинства животных, возможно получить эти данные в каждом нужном случае. Вопрос о размножении является наиболее изученным биологами, обратившими на него особенное внимание, и получение числа неделимых одного поколения, исходя из двух исходных¹, захватит подавляющее количество случаев.

Этого нет для веса. Здесь я встретился с чрезвычайно печальным состоянием точных числовых основных биологических данных. Прежде всего бросалось в глаза, несмотря на интерес к биометрике, который пробудился в последние десятилетия в биологии, отсутствие критических сводок имеющихся числовых биометрических данных в этой области в нужном для меня масштабе и форме. Для размножения, как-никак, такие сводки, правда не вполне удовлетворительные, не сведенные в единое целое, существуют [19], но не охватывают данных литературы XX столетия. Но для веса (см. § 215) таких сводок совсем не имеется в нужном для меня масштабе и точности.

При организации Биогеохимической лаборатории в 1927–1928 гг. в план ее мною было поставлено создание при ней двух картотек: 1) *картотеки по химическому элементарному составу живых организмов* и 2) *картотеки по размножению и весу живых организмов*. Теоретически в этих картотеках должны были быть сосредоточены все количественные данные для всех организмов, имеющиеся в литературе и добытые лабораторией, с точным указанием как всей литературы, так и всех числовых величин, в ней указанных.

Первая картотека, благодаря труду и помощи проф. А.П. Виноградова и М.А. Савицкой, нами создана. Без нее мы не могли бы вести на нужной высоте нашу основную химическую работу. В этой картотеке, широко доступной для всех интересующихся, даны как литература, так и количественные данные по всем элементам и по всем организмам (несколько тысяч видов), по которым они имеются. Сейчас А.П. Виноградов закончил обработку и сводку всех этих данных для морских организмов, последняя часть которой сдана в печать. Мы стараемся держать эту картотеку на уровне современных знаний. С некоторыми запозданиями она все время пополняется. Не только московские, но и иногородние ученые ею постоянно пользуются.

¹ Для одноклеточных, размножающихся простым делением на две клетки, вопрос идет об удвоении числа неделимых, начало которого можно принимать после первого деления.

Но все мои и А.П. Виноградова попытки создать картотеку по биогеохимической энергии были неудачны. Я столкнулся здесь с трудностями подбора литературы и вначале не смог вести одновременно создания двух картотек из-за недостатка сил, времени и средств. После переезда лаборатории в Москву, в 1934—1937 гг., я возобновил свои попытки, так как картотека по химическому составу была в основном налажена. Но эти попытки не могли быть осуществимы главным образом из-за отсутствия помещения.

В 1926 г. мне удалось, благодаря помощи покойного друга моего проф. А.Н. Лебеяднцава (умер в 1941 г. 23 янв.), организовать на Шатиловской опытной сельскохозяйственной станции Новосильского района Орловской области опыты для определения геохимических постоянных сельскохозяйственных растений северной черноземной полосы. Но эта работа могла быть проведена только в течение одного года – 1927-го, когда были сделаны нужные посеы. Работа была рассчитана на несколько лет по плану, тщательно разработанному А.Н. Лебеяднцевым, А.П. Виноградовым и мной и охватывавшему культурные растения нашей страны. Но, к сожалению, совершенно неожиданно для нас мы попали в тот кризис, который переживали в течение нескольких лет наши опытные станции. Внезапно для всех Шатиловская опытная станция должна была резко изменить свою работу, стала селекционной и нашу работу пришлось прекратить. Проф. А.Н. Лебеяднцев переехал в Москву. Мы получили, однако, геохимические постоянные впервые для ряда культурных растений за один год: среднего веса для озимой ржи, озимой пшеницы, проса, льна, клевера – местных и селекционных сортов сравнительно. Как один из любопытных выводов получилось, что селекционные сорта дают не увеличенную, а скорее уменьшенную энергию размножения, чего можно было и ожидать. Они не удерживаются в борьбе с дикой растительностью [20]. Но инициатива А.Н. Лебеяднцава была до сих пор единственной.

215. Как это ни странно, несмотря на практическую важность, сведения наши о *весе* живых организмов чрезвычайно случайны и неполны, а без этого мы не можем в должной степени воспользоваться и табл. 23 (см. § 173) химического состава живого вещества для выяснения его количества в биосфере и получить точные числа для биогеохимической энергии.

Вес живых культурных растений, биометрически правильный, был впервые дан, сколько я знаю, А.Н. Лебеяднцевым. Особенно отсутствуют правильно биометрически взятые средние числа для крупных организмов. Для наземных растений эти данные почти совсем отсутствуют. Для них приходится считаться с тем, что мы почти не имеем точных данных для корневой системы в ее естественном состоянии, т.е. в грунте. Я не буду здесь на этом останавливаться, так как в другом месте я этого касался [21]. В 1920–1921 гг. я проделал в Симферополе на Салгирской энтомологической станции, благодаря любезности проф. Мокржецкого, директора станции, в бытность мою ректором Таврического университета, для *травянистых растений* ряд наблюдений и опытов, которые мне показали, что осторожно вынутое с корневой системой из грунта растение и осторожно очищенное от земли теряет, благодаря высыханию, т.е. испарению его влаги, в своем весе. Эта потеря выражается *прямой линией*, т.е. идет *строго пропорционально времени*, в данном случае минутам [22]. Отсюда нужно заключить, что реальный вес их в земле иной, чем когда растения вынуты из земли. Для травянистых растений,

однако, так как эта потеря идет пропорционально минутам, может быть внесена, учитывая время, нужная поправка. То же самое, конечно, правильно, вероятно, не в меньшей степени для кустарников и деревьев, но здесь данных совсем нет.

Между тем совершенно ясно, что данные о биометрически правильно определенном среднем весе организмов не меньше характеризуют данный организм, чем их химический средний атомный состав. Это резко выраженный *видовой признак*. В природных условиях для нас важнее вес живого вещества биоценозов, но и для этого данные почти что отсутствуют.

Не решена еще та проблема, которая прежде всего останавливает наше внимание, меняется ли вес и химический состав организмов в биоценозах или мы можем вычислять вес и химический состав биоценоза, зная количество, средний вес и средний химический состав каждого вида, биоценоз составляющих. Теоретически, в общем, едва ли это может вызывать сомнения, но опытом это не выяснено. Это прежде всего должно быть сделано.

Точный учет – дело будущего. А пока приходится довольствоваться приблизительным учетом процентного содержания живого вещества в окружающей его косной природе. Такие подсчеты были мною несколько раз сделаны, и я приведу цифры для того, чтобы читатель имел ясное понятие, о чем идет речь.

В 1927 г., по моим подсчетам, вес живого вещества представлялся как много гексалионов граммов (10^{21} г). Вес биосферы – несколько окталионов граммов (10^{21} г). Живое вещество, таким образом, отвечает, по крайней мере, многим сотым или десятым процента всей массы биосферы.

Но энергетическое значение этих живых масс несравненно значительнее. Они образуют места сильнейшей миграции атомов в биосфере. В течение короткого времени, приблизительно одного года, через эти места пронесется множество атомов, вес которых во много раз, вероятно во много тысяч раз, превышает вес живых организмов. Все вещество биосферы может, без сомнения, в течение краткого момента геологического времени пройти через живые организмы.

Мы можем в любую минуту наблюдать наличие подобного строения биосферы кругом нас, не углубляясь в геологическое прошлое.

Одно из наиболее важных тел биосферы, геохимическое влияние которого наиболее значительно, – свободный кислород O_2 создается на нашей планете почти исключительно одной жизнью.

Он существует в биосфере и из нее переходит через тропосферу в стратосферу и выше (см. § 155–157). Процесс образования его непрерывен, так же как непрерывна его активная роль в миллионах и более различнейших химических процессов. Но несмотря на это, общее количество свободного кислорода на Земле приблизительно постоянно и, вероятно, пребывало таковым в течение всего геологического времени. Вес общего количества свободного кислорода около 1,5 септиллиона граммов ($1,5 \cdot 10^{24}$ г). Кислород к тому же в силу своей химической активности приводит в состояние миграции новые массы атомов, во много раз превышающие его собственный вес. Так как он сам – создание одной жизни, то следует и это его действие рассматривать только как геохимическое проявление жизни.

Все известняки биогенного происхождения. Их вес в земной коре превышает вес свободного кислорода. Большая часть известняков находится вне биосферы; в этих областях их химические элементы постепенно выходят из круга биогенной миграции. Однако в биосфере непрерывно происходит очень важный процесс миграции углекислой извести. Течением рек ежегодно выбрасывается около биллиона тонн ее в океаны, и одновременно она почти целиком выделяется из морской воды в виде биогенных известняков. Это выделение связано с огромной биогенной миграцией химических элементов. В сто тысяч раз большие массы должны быть приведены в движение, чтобы образовать известковые части скелетов организмов.

В течение долгих геологических периодов остатки организмов животного и растительного происхождения собираются в виде каустобиолитов: углей, асфальтов и нефтей, метана и угольной кислоты (см. § 196). Нам известны многие гексалионы или многие септилионы граммов этих тел в верхних слоях земной коры. Они все подвергаются постепенному, но неуклонному изменению, вызывающему медленную, но огромную миграцию химических элементов. Миллионы лет длилось накопление этих масс горючих ископаемых; для их образования потребовалось невероятное напряжение химической энергии жизни.

Однако из всего жизненного вихря выделяется таким способом ежегодно лишь стотысячная доля процента, если не меньше, углеродных атомов живых организмов. Образование горючих масс нашей земной коры требует миграций углеродных атомов, которые по весу во много раз превосходят самые массы горючих тел.

Существует определенная связь между массами свободных горючих тел и природным свободным кислородом. Оба они являются частями одного и того же количественно определенного процента разложения угольной кислоты. Присутствие одного обуславливает присутствие другого.

В истории других элементов, таких как железо, марганец, кремний, иод, бром, сера, фосфор, азот, водород, медь, цинк, бор, стронций, кислород, радий, мезоторий I, актиний, радон, актинон и т.д., мы можем найти примеры биогенной миграции, которые по грандиозности ничем не уступают вышеупомянутым.

Жизнь – живое вещество – поистине является одной из самых могущественных геохимических сил нашей планеты, а вызываемая ею биогенная миграция атомов представляет форму организованности первостепенного значения в строении биосферы [23].

216. На суше, в окружающем нас воздухе, мы встречаемся с поясами ландшафтов, с геохорами (см. § 40). В разных геохорах химический состав живого населения резко различен, и, по-видимому, без вмешательства человека это различие было бы более резким, чем теперь, когда девственная природа исчезла или исчезает на всей поверхности планеты. Это – резкое проявление биогеохимической функции человека (см. § 199 и сл.) и перехода биосферы в ноосферу (см. § 199). С каждым поколением этот процесс идет быстрее, и вместо девственной природы создано измененное человеческой культурой живое вещество, созданы новые формы культурных животных и растений и быстро исчезают прежние обитатели суши. Эти последние сохраняются уже

и теперь, по крайней мере для больших организмов, все более и более часто, только в резервах, заповедниках, зоологических садах.

С химической точки зрения, совокупности культурных растений, а также стада культурных животных отличаются большей простотой состава, так как на культурных полях исчезают даже сорняки.

А число исчезнувших или ставших редкими дикими животными все увеличивается, заменяется новыми культурными созданиями, более близкими химически между собой, число родов которых сильно уменьшено по сравнению с исчезнувшими из памяти человека и ставшими редкими.

Культурные земли сейчас покрывают почти всю поверхность суши, и остатки так называемой дикой девственной природы отходят на второй план. Уже давно культурные расы вытеснили прежних крупных млекопитающих. Урожаи культурных растений и скопления культурных животных достигают максимальных величин, раньше небывалых.

Процесс этот начался раньше двадцати тысяч лет тому назад и в XX столетии достиг максимума, временно за последнее двадцатилетие разрушаемого безумными войнами и убийствами. Мы как раз сейчас переживаем такой момент разрушительной мировой войны. Но эти, в сущности, по сравнению с грандиозностью биосферы, мелкие явления не могут остановить процесс, который подготовлялся миллиардами лет (см. § 114). В бурях и в грозе зарождается ноосфера.

Учитывая все эти изменения и новые культурные явления, мы видим, что в нашу эпоху лик Земли, живое его население резко меняется и создаются в биосфере новые геохоры. Биосфера переходит в ноосферу (см. § 199).

Нечего говорить, что такое изменение природы есть геологический факт и культурные виды животных и растений имеют для нас тот же самый и, пожалуй, даже больший интерес, чем дикая живая природа. Тем более что их биогеохимическое значение увеличивается за счет дикой природы. Их химический состав и их вес иной, чем их предков. Но в этом вопросе о весе и массе живого вещества мы также напрасно обращаемся к агрономической и зоотехнической литературе. Особенно бедна зоотехническая литература. Большие организмы, хотя и взвешиваются, но средний вес биометрически правильный, нам почти неизвестен, за исключением рыб (см. § 217). Химический же состав больших культурных млекопитающих мало обращал на себя внимание.

Такое состояние наших знаний о весе культурного и дикого живого вещества должно быть принимаемо во внимание в тех данных о биогеохимической энергии размножения и роста, которые я в дальнейшем привожу.

Я не сомневаюсь, то время возьмет свое и биологи должны будут учитывать важный фактор – биогеохимическую энергию для решения чисто биологических вопросов, как теоретического, так и прикладного значения.

217. Но в этом процесс образования ноосферы не кончается. Изменяется под влиянием деятельности человека жизнь гидросферы, Всемирного океана, где, как мы знаем (см. § 159), сосредоточена главная масса живого вещества. Океан десятки тысяч лет тому назад давал пищу и создавал культуру для тысяч поколений приморского населения. Но силы человека, использовавшего живые богатства океана, были долгие поколения ничтожны перед мощью жизни в океане. Прошли десятки тысячелетий прежде, чем они стали замет-

ными. С конца XIX столетия, со времени развития парового судоходства и захвата в конце XVIII в. исследованием всех океанов, когда выявилась гидросфера – как единое целое, создания целых промысловых флотов для улова морских млекопитающих, птиц, рыб, ракообразных и т.п., с одной стороны, а с другой – широкого развития искусственного рыбозаведения, организации устричных банок, картина жизни океанов начала быстро меняться. Веками существовавшие богатые места улова начали истощаться, и потребовалось международное соглашение и организация охраны для правильной эксплуатации морских богатств. Эти процессы выдержали варварские войны 1914–1918 и 1939 г., продолжают и сейчас.

Сведения о весе морских организмов, особенно рыб, в связи с международным характером рыбной промышленности, имеются в большом числе и очень точные для промысловых рыб, но не сведены и научно не обработаны (по указанию Л.С. Берга и проф. Тихова), в отличие от химического состава морских организмов, критическая научная сводка которого дана А.П. Виноградовым. Гораздо хуже наши сведения о весе других морских организмов. Общей сводки, насколько я знаю, нет.

218. Обращаясь теперь от явлений роста, которые определяют средний вес неделимого, а следовательно, и всего живого вещества, к явлениям размножения, мы встречаемся с необычайным разнообразием форм размножения, которое с большим трудом и временами с уменьшением точности полученной величины может быть сведено к единому выражению. Но все-таки оно может быть сведено к нему, к геометрической прогрессии поколений. Мы уже встретились с этим, когда речь шла о биогенной миграции атомов одноклеточных и многоклеточных организмов.

Биогенная миграция атомов одноклеточных до такой степени превышает биогенную миграцию многоклеточных, что едва ли было бы правильно без более глубокого анализа их сравнивать. То же самое может быть сказано и при сравнении одноклеточных и микробов¹.

Прежде чем идти дальше, нам необходимо остановиться на особенностях проявления жизненных явлений на нашей планете, о которых упоминалось в § 120.

Я указал там, что явления жизни проявляются как бы в двух разрезах мира, пользуясь образным выражением французского философа и математика Э. Леруа и палеонтолога-геолога Тейяра де Шардена [24] (см. § 120). В XX в. мы впервые столкнулись в научной работе с этим фактом, и, как во всей истории научного знания, мы можем проследить *post factum* далеко в глубь веков в философских и научных исканиях ясные указания на понимание, правда неполное, этого явления (например, у Фехнера) [25]. Но больше того, в данном случае в основном явление жизни есть единое и цельное и сосредоточено в своей основе в микроскопическом разрезе мира, в являющихся в реальной форме в виде микроскопических, невидимых для нашего глаза без инструмента, клетках. Видимые простым глазом многоклеточные организмы состоят из клеток, глазом не видных, которые так же, как и микробы, при своем размножении, в течение жизни внутри многоклеточного организма, размножаются через биогенную миграцию атомов 1-го рода (см. § 195).

¹ Вопрос о том, является ли микроб клеткой, остается открытым.

Больше того, в настоящее время мы имеем в науке ряд новых независимых от данного аспекта явлений, которые указывают, что и многоклеточные организмы, так же как одноклеточные, проявляются, в конце концов, в своих жизненных процессах в микроскопическом разрезе мира. Мы видим, что для химических элементов они обладают избирательной способностью.

219. *Постоянные размножения.* Табл. 23 взята из моего отчета для Fondation Rosenthal и напечатана в первый раз в 1926 г. [26]. Новых пересчетов я не делал, так как считаю, что этого не стоит делать без картотеки, где были бы критически сведены все нужные данные. Но прибавлены здесь данные проф. А.Н. Лебедянцева, опубликованные в 1930 г. на основании результатов, полученных на Шатиловской опытной станции (см. § 214).

В связи с этим числа таблицы пока имеют провизорное значение, но в основном они точны с большой степенью приближенности. В ней даны следующие величины: Δ – коэффициент, характеризующий темп размножения, из общей формулы размножения: $2^{n\Delta} - N_n$ (см. § 213). Для многих протистов Δ выражает число поколений в сутки, α – суточный прирост неделимого при размножении

$$(\alpha + 1)^n = N_n = 2^{n\Delta}. \quad (1)$$

220. Исходя из количества неделимых, фактически исходя из понятия поколений, общего для всего живого, число неделимых одного поколения, например для бактерий, выражено в геометрической прогрессии:

$$2^n = N_n. \quad (2)$$

В этой формуле число n – число суток, а число N_n должно быть целым числом, и это число N_n есть число реальных неделимых одного поколения. Мы знаем, что всякое целое число может быть выражено в виде геометрической прогрессии

$$2^{n\Delta} = N_n. \quad (3)$$

Здесь Δ – коэффициент, характеризующий темп размножения. Этот коэффициент размножения может быть вычислен, исходя из факта научного наблюдения из числа неделимых поколения – N_n , Δ – есть коэффициент, определенный эмпирически.

Точная упрощенная *модель размножения* заменяет реальное явление.

Целое число N_n может быть выражено в этой формуле с точностью любого приближения в зависимости от потребности. Число неделимых поколения, растущее в геометрической прогрессии, всегда целое, может быть выражено с помощью Δ , которая не есть целое число для всех тех случаев, когда размножение не совершается реально делением (что имеет место только у микробов и одноклеточных), может быть выражена с любой точностью в зависимости от того, с какой точностью мы определим непрерывную дробь Δ .

Так как мы имеем дело с целым числом неделимых и можем знать их точно, какова бы форма размножения ни была, мы можем здесь оставить форму размножения в стороне и иметь дело только с *количеством неделимых поколения*.

Мы знаем, что в среднем число неделимых поколения есть неизменное число и постоянный видовой признак для каждого живого вещества в определенных

Постоянные размножения

Организм	Δ	α
<i>I. Микробы</i>		
<i>Bacterium coli comm</i>	61,27	$2,78 \cdot 10^{18}$
<i>Vibrio cholerae asiat</i>	61,0247	$2,2 \cdot 10^{18} - 6,4 \cdot 10^{18}$
<i>Bacillus ramusus</i>	53,33	$1,16 \cdot 10^{16}$
<i>II. Одноклеточные</i>		
<i>Piridineae</i>		
<i>Диатомеи</i>		
<i>Nitzschia putrida</i>	4,8	26,8
Среднее для морских диатомей (планктона)	0,5	0,41
<i>Phytonomadina</i>		
<i>Eudorina elegans</i>	0,79	0,72
<i>Heliozoa</i>		
<i>Actinophrys</i>	1,25	1,38
<i>Инфузории</i>		
<i>Paramaecium aurelia</i>	1,73	2,32
» <i>caudata</i>	1,09	2,12
<i>Leucophrys patula</i>	7,0	127,0
<i>III. Многоклеточные</i>		
<i>Dicotyledonae</i>		
<i>Trifolium repens</i>	0,016	0,0088
<i>Solanum nigrum</i>	0,04	0,029
Пшеница (среднее для Франции)	0,019	0,013
<i>Mammalia</i>		
<i>Sus scrofa</i>	$0,9 - 2,25 \cdot 10^{-3}$	$0,5 - 1,5 \cdot 10^{-3}$
» <i>domestica</i>	$9,7 - 10,6 \cdot 10^{-3}$	$6,7 - 7 \cdot 10^{-3}$
<i>Mus decrernanus</i>	$9,6 \text{ (мин)} \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$
<i>Elephas iudicus</i>	$9,6^{-5} - 0,4 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-5} - 7,0 \cdot 10^{-4}$

 Δ культурных растений по данным А.Н. Лебеядцева (1927 г.)

Организм	Δ
<i>Secale cereale</i> (озитмия рожь местная)	0,0174
» » (озимая рожь селекционная)	0,0160
<i>Triticum</i> (озимая пшеница местная)	0,0168
<i>Triticum</i> (озимая пшеница селекционная)	0,0146
<i>Panicum miliaceum</i> var. (просо местное)	0,02235
» » » (просо селекционное)	0,0199
<i>Linum usitatissimum</i> var. (лен местный)	0,01755
» » » (лен селекционный)	0,01735
<i>Trifolium pratense</i> var. <i>foliosum</i> (клевер)	0,0237
<i>Cannabis sativa</i> (конопля без удобрения)	0,103

условиях его жизни. Вот это неизменное число – средняя величина размножения – может быть и не целое число, так как в природе, как всякий видовой признак, и это число меняется в разные годы и в разных местностях. Все наши определения сложных природных явлений всегда таковы. В реальности они не идеальны. Количество неделимых в сутки всегда есть целое число. Когда я говорю о виде, то я подразумеваю и подвиды, и жорданоны.

221. Я сводил в прежних работах все к единой формуле – *геометрической прогрессии*, как это делали для размножения и Мальтус, и Дарвин. Но все это было хорошо, когда дело шло о размножении организма, а не о *заселении*, благодаря этому размножению, массами организма определенной территории планеты, как это имеет место в природе и в проблемах биогеохимии.

Реально геометрическая прогрессия размножения организмов укладывается в *сутки* только для одноклеточных и микробов. Для всех остальных организмов она укладывается в *годовые циклы*. Как указано (см. § 213), она связана в первом случае с суточным вращением Земли, а во втором – с вращением планеты вокруг Солнца. Нельзя не учитывать эти основные различия земных явлений.

Точно так же мы не можем оставлять в стороне те резкие основные различия, которые определяют характер размножения, идет ли оно в тропосфере, на поверхности планеты в геохорах, или оно идет в жидкой среде, в водных бассейнах и в гидросфере и, следовательно, в подводной тропосфере. Заселение этих областей планеты идет по существу различно для организмов суточного и годового типа.

Необходимо в настоящее время иметь в виду еще одно явление, сюда относящееся, с которым мы встретились в последние годы. Мы встретились впервые в истории естествознания с явлением, о котором идут еще споры, являются ли эти естественные тела живыми организмами или огромными белковыми молекулами.

Они встречаются и в животных, и в растительных организмах (и в окружающей их среде в виде спор?), их убивают и только в них размножаются. Это вирусы. Биогенная миграция их атомов резко превышает темп размножения микробов. Вирусы, как возможно думать, представляют из себя новые формы организмов, мы для них имеем новый скачок в явлениях размножения.

222. К вирусам часто относят бактериофаг. Исходя из работ Ф. д'Эрелля [27], возражения против взглядов которого мне представляются неубедительными, бактериофаг, который он называет *Protobios bacteriophage d'Her*, есть мельчайший организм размера порядка 10^{-6} см, т.е. является организмом того же порядка величины, как большая молекула и как вирусы. Как известно, относительно вирусов до сих пор не является ясной их природа, так как их состав, по мнению исследователей, точно отвечает определенному белку. Этот белок получен в виде кристаллов, *множественно перекристаллизованных* в растворе сернистого аммония и являющихся, по мнению исследователей, как бы чистым вирусом. Кристаллы, которые употребляются для анализов, *превышают* по своим размерам 10^{-6} см. Хотя размеры их не даются, но они видны в микроскоп при условиях, при которых тела размера 10^{-6} см видны быть не могут. Едва ли они меньше 10^{-5} см, т.е. во много раз превышают раз-

меры вируса. Но так как многократной кристаллизацией они не очищаются от вирусов и имеют все их свойства, то эти кристаллы идентифицируются с вирусами.

Но при этом забывают, что кристаллы белковых тел растут иначе, чем кристаллы других соединений. Они растут, как говорили старые исследователи, интусусцепцией и разбухают при росте в водных растворах, из которых они выделяются. Чистый вирус получается многократной перекристаллизацией. Перекристаллизацией нельзя, однако, очистить белковые тела от механически находящихся в растворе частиц – спор вирусов, как это легко достигается в обычной практике химиков для обычных кристаллов. Споры вирусов невидимы простым глазом и при росте интусусцепцией и разбухании в растворе белковые кристаллы неизбежно их захватывают. Механизм кристаллизации, выясненный в последнее время работами П. Кюри, Ю.В. Вульфа, Д.Н. Артемьева, А.В. Шубникова и др., ни в коем случае к ним прилагаться не может. Нет другого пути, как прежде всего изучить так называемую кристаллизацию белковых тел. Кристалл ли это? Кристаллы белков, как и самые белки, по своей сложности, может быть, по существу не могут быть сравниваемы в больших кристаллах или в больших относительно однородных массах, как правильно указал В. Брагг, благодаря сложности их молекулы и, вследствие этого, их неустойчивости, с обычными кристаллами и молекулами других органических соединений. В начале 1890-х годов я много занимался кристаллизацией белка яйца – протеина в растворе серноокислого аммония. Получил на вид большие прекрасные кристаллы, но при тогдашней технике не мог их измерить, благодаря чрезвычайному развитию вицинальных форм. Эти вицинальные формы, аналогичные полиэдриИ А. Скакки, связаны с изменчивостью поверхностного слоя кристалла, т.е. его неустойчивостью [28].

Пока проблема кристаллизации белков не будет выяснена, нельзя считать состав получаемых белковых кристаллов отвечающим составу вируса. Исследования д'Эрелля для бактериофага приводят нас к величинам размножения, которые превышают все наблюдавшиеся в других случаях и теоретически нормальные для случаев простого деления. Количество поколений в сутки для бактериофага, вычисленное по данным д'Эрелля, превышает 100, а между тем для самых мелких бактерий оно не доходит до 65, колеблется между четырьмя и шестью десятками. Теоретически, как мы увидим (см. § 232), есть предел количеству поколений в сутки, связанный с тем, что организмы обладают в той или иной форме газовым обменом. К этому я вернусь позже. Здесь же отмечу, что описание действия бактериофага на бактерий, как сделано д'Эреллем, теоретически не противоречит такой величине поколений в сутки, так как, по д'Эреллю, бактериофаг сразу дает много спор, разрывается внутри тела бактерии, и ее, и себя убивая [29].

223. Вернемся теперь к выражению явлений размножения через понятие скорости размножения V – *скорости заселения планеты* (см. § 194). Для того чтобы выяснить скорость заселения планеты путем размножения, я буду исходить из явлений, значение которых, мне кажется, впервые было познано Линнеем (см. § 209), который был одним из первых натуралистов, придавших

основное значение размножению организмов для понимания планетной силы жизни¹.

Еще до открытия бактерий в середине XIX в. К. Эренберг (1795–1876) [31] для диатомей указал, что в восемь дней одна диатомея может дать массу материи, равную объему нашей планеты, а в течение следующего часа может удвоить эту массу. Мелкая обычная инфузория (туфелька – *Paramecium*) может в течение пяти лет дать массу протоплазмы, если бы ничто ей не препятствовало, объем которой был бы в 104 раза больше объема Земли. Числовые данные Эренберга требуют поправок, но основная мысль верна.

Открытие микробов еще больше увеличило наш масштаб представлений о силе размножения на нашей планете. По Кону [32], одна бактерия в течение $4\frac{1}{2}$ суток могла бы заполнить всю гидросферу, весь Всемирный океан. На этих примерах (для Линнея – сухопутные растения, см. § 209) можно видеть, что явления размножения проявляются одинаковым образом, происходит ли размножение в жидкости (воде), где оно идет в трехмерном пространстве, или на суше, где оно идет на плоскости в двухмерном пространстве.

В сущности говоря, оно может быть всегда сведено к поверхности планеты, т.е. к двухмерному пространству, так как в случаях примеров Эренберга и Кона раз будет заполнен весь океан, будет заполнена и его поверхность.

Для нас здесь основное то, что мы берем за мерилу нашу планету и потому возьмем не объем планеты, а ее поверхность, которая может быть одинаково использована как для наземных организмов, так и для водных. Для количественных измерений это будет естественное мерило, я думаю, не случайное, и, мне кажется, мы при этом можем получить общий единый эталон, вероятно, по существу связанный с самим процессом заселения. Этим мерилом будет поверхность нашей планеты. Причем, так как вопрос идет о планетном явлении, т.е. о поверхности планеты, то я буду брать эту поверхность как поверхность земного эллипсоида о трех осях или, вернее, земного геоида, как он дается геодезистами, так как он геометрически несколько отличается от математического трехосного эллипсоида. Конечно, геоид не отвечает вполне и до конца сложному и изменчивому геометрическому телу нашей планеты, но это геологически вечная форма его, и, как показывает многовековой научный опыт, использование этого представления достаточно точно для всех наших теоретических представлений, по существу модельных, удобных для математического охвата земных явлений.

При распространении жизни на поверхности геоида нам важно время, в какое размножением будет покрыта сплошь вся поверхность геоида, с какой скоростью поколения разных животных или растений покроют при размножении в геометрической прогрессии, различной для каждого организма, всю поверхность земного геоида. При тех больших величинах, которые при этом получаются, упрощения формы земной поверхности, этим путем получаемые, не могут сказываться, сколько могу судить, на числовом результате, так как это выражение почти с достаточной точностью совпадает с реальной земной поверхностью и мерило для всех одно.

¹ По-видимому, это понимание было ясно многие столетия раньше и забылось в тот период упадка научной мысли, о котором я раньше говорил (см. § 205). За 500 лет раньше Линнея эту мысль ярко высказал знаменитый неоплатоник Плотин (204—269 н.э.) [30].

Поверхность Земли, так выраженная, равна $5,10\ 064 \cdot 10^{18}$ см². Когда организм, размножаясь согласно геометрической прогрессии по этой поверхности, растекается по ней в своих неделимых, он, конечно, занимает и все кривые, которые на этой поверхности в действительности имеются. Одна из этих кривых, наиболее длинная кривая, наблюдаемая на земном геоиде, – земной экватор – может быть принята как общий единый эталон для всех организмов. Длина D этого экватора геоида $40,075721 \cdot 10^8$ см (или 40 075 721 м). Когда на поверхности геоида растекается, благодаря размножению, живой организм, он заселяет в определенное количество суток весь экватор. Скорость, с которой он заселяет экватор, благодаря своему размножению, будет выражаться в см/с и измеряется по экватору геоида. Когда в своем размножении всякий организм пройдет по одному направлению расстояние, равное 40 075 721 км, его действенная энергия размножения перейдет в потенциальную, и увеличение населения не будет иметь места.

Надо иметь в виду, что движение, которое при этом происходит, таким часто не представляется нам в обыденной жизни. Так, это движение размножением ярко выражается для каждого, для наших органов чувств, неподвижного, наземного растения в том случае, когда они живут как живое вещество, в форме, например, леса, дубрав. Так, на нашей равнине в течение исторического времени мы видим, что граница между лесом и степью меняется: то лес захватывает степь, и перед ним отступают степные растения, то степь находит на лес, и лесные растения не дают приплода, который заглушается травянистым покровом, исчезают, медленно и длительно вымирая, давая в геохоре парковый ландшафт. На северной границе мы наблюдаем такое же движение тайги на тундру и обратно. Немного внимания – и каждый из нас кругом себя увидит проявление такого движения размножения на каждом шагу в окружающей нас природе. Кругом идет между живыми существами, неподвижными растениями этим путем жестокая борьба за существование, как мы увидим дальше, прежде всего борьба за газ, за дыхание. Русский лесовод Г. Морозов в своих работах ярко выразил это явление. Резко меняется при этом биогенная миграция атомов.

В геохорах на суше этот процесс идет в двухмерном пространстве, встречая сопротивление в твердой почве, идет медленно. Но в водных бассейнах, где для жизни воздух ставит резкий предел возможности выхода вверх и где жидкость дает возможность непрерывного размножения, мы видим на каждом шагу это явление в гораздо более резкой форме.

Оно проявляется в массовом размножении водных организмов почти на глазах наблюдателя, в «цветении» прудов и озер, в весеннем цветении планктона. И в океане оно может распространяться на площади в десятки тысяч километров в немногие дни. Для суши, для подвижных организмов оно этим путем дает так называемые волны жизни [33] – (старинное название, вновь введенное в науку английским крупным натуралистом и писателем В. Геденом в конце прошлого века), когда происходит массовое размножение подвижных организмов – млекопитающих, птиц, насекомых, могущих растекаться во все стороны. Они вызываются скоплением благоприятных условий и возможностей для размножения в геохорах.

224. Сейчас этот вывод проверяется в лабораториях – не только наблюдениями, но и опытом, в течение длительного времени. Это имеет значение,

так как, взятое в целом, размножение живого вещества при наблюдении морфологически, в ходе времени, меняется эволюционным процессом, если мы возьмем все живое вещество в длительности геологического времени; меняется как бы скачком. Мы здесь сталкиваемся с отсутствием проявления эволюционного процесса только в так называемых *персистентах* (см. § 207).

Опыт ведется в двух направлениях: с одной стороны, в течение десятков лет ведутся по идее и инициативе француза Карреля в США опыты над жизнью тканей многоклеточного организма (человека и т.д.). Опыт начался в Институте Рокфеллера в Нью-Йорке, но теперь ведется и в других местах. Никакого изменения пока не видно, но срок очень невелик – десятки лет. С другой стороны, он ведется и в другой форме, в течение тоже десятков лет непрерывно для одноклеточных организмов: их делением. Эти опыты доведены до больше 21 000 поколений без всякого уменьшения интенсивности и изменения морфологически [34] в США в Осборнской зоологической лаборатории Йельского университета и проводились в течение больше 30 лет¹. Но этот срок тоже еще очень мал. Это только начатки, которые возможны в наше полуварварское время, как это доказывает эта война и идеология гитлеровской Германии и Италии.

225. В основе своего охвата живой природы человек резко меняет ход естественных процессов и создает для культурных растений и животных удобные условия для размножения, освобождая от других организмов участки планеты для культурного живого вещества. Он стремится при этом, вообще говоря, добиться максимального урожая и приплода, максимального создания размножением максимального количества сильных и здоровых недельных на гектаре N_{mx} . В таком случае мы имеем:

$$2^{n\Delta} = N_{mx}, \quad (4)$$

где n – означает число суток и Δ – коэффициент размножения, свой для каждого организма, не размножающегося простым делением.

Связь N_{mx} с площадью заселения (S) выражается следующим уравнением (5):

$$k_3 = S/N_{mx}, \quad (5)$$

где k_3 – есть площадь, выраженная в гектарах, необходимая для жизни одного неделимого при размножении простым делением или пары и семьи при половом размножении².

В этом примере мы имеем вмешательство человека в природные явления размножения. В обычных условиях, например зерновых культур, для наших обычных хлебов – годовых – человек отходит далеко от природного процесса,

¹ У нас на Севастопольской биологической станции Академии наук СССР проф. С.И. Метальниковым и его учениками этот опыт продержался около 10 лет; он был прекращен еще до разрушения Севастополя немцами.

² Это касается только огромного большинства простых случаев. Но дело осложняется, когда мы имеем дело со стадными животными или с «государствами» насекомых, где проявляется «социальная» жизнь и инстинкт, не отделимый в сущности от разума, и т.п. Конечно, можно и здесь, как и в случае с пчелами, свести все к одному неделимому, учитывая, что есть одна царица-матка. Каждый отдельный случай должен рассматриваться отдельно, но может быть, по-видимому, выражен всегда математически просто.

как мы знаем. Но и здесь мы видим искания новых путей будущего, которые, возможно, изменят многовековые традиции. Это пока одинокие попытки, едва выходящие из стадии лабораторных экспериментов – массовые культуры в водных питательных средах.

Но в культурах многолетних растений, например плодовых и многих технических, это k_3 более совпадает с природным k'_3 . С каждым годом вмешательство человека в природные условия размножения все увеличивается и созданные человеком культурные виды организмов занимают все большие и большие пространства, и уже сейчас занимают большие пространства планеты, чем дикая растительность, регулируемая только законами жизни (см. § 210). Даже в лесах, свободно растущих, человек вмешивается так называемой лесной таксацией, определяя число неделимых на каждую площадь, т.е. k_3 , согласно своим целям. Можно сказать сейчас, что подавляющее большинство лесов на земной поверхности охвачено уже этой регулирующей работой человека.

Еще резче проявляется вмешательство человека в регулировку размножения животных организмов. Здесь гораздо ярче, чем при размножении растений, проявляется стремление человека получить на данной площади максимальное количество живых организмов; по-видимому, здесь нет пределов и форма культурного размножения (с N_{mx}) с ходом времени растет. Как раньше указано, культурные расы млекопитающих все больше и больше вытесняют диких животных, которые уже сейчас потеряли ту роль, которую они играли немного тысяч лет тому назад.

Ярко проявляется это в развитии пчеловодства. Здесь k_3 определяется не одним неделимым, а ульем. Каждый улей имеет определенное население, и площадь, ему необходимая, определяется средним составом населения улья и длиной лёта пчел для сбора меда. При правильном хозяйстве все это учитывается, и, очевидно, k_3 определяется не на один или на два организма, а на количество неделимых в социальной структуре пчел. В меньшей степени мы имеем то же самое и в случае стадных животных, например овец или слонов. Можно сделать перечисление отсюда на одного неделимого, беря средние величины. Но это будет абстрактное число. Однако для сравнения оно удобно. Но, по-видимому, для некоторых случаев, например для термитов, это не так легко сделать.

Воздействие человека распространяется на другие классы животных организмов, прежде всего на птиц и рыб, сперва только пресноводных. Сейчас, как мы видели (см. § 159), регулируется человеком и морская, океаническая жизнь, пока мелей и прибрежных частей. Таким образом, сокращается заметно с каждым поколением все больше и больше проявление максимального размножения, не регулируемого человеком (N_{st}). В том состоянии биосферы, к которому мы подошли, в ноосфере (см. § 216), эта работа человека должна будет господствовать.

Сейчас роль дикой природы, кроме млекопитающих и хлебных и технических растений, все еще очень велика и проявляется на каждом клочке культурной территории, захваченной человеком. Человек ведет из года в год здесь борьбу с захватывающими его культурные земли ненужными ему организмами. Борьба эта проявляется на каждом шагу, и не всегда успешно для человека. Потеря урожая от сорных трав и так называемых вредителей достигает

в среднем десятков процентов, и часто человек теряет главную часть урожая и приплода.

226. В дикой природе, учитывая все больше и больше влияние на нее человека (см. § 216), мы имеем то же стихийное стремление получить максимальное количество неделимых на гектаре. В геологической работе человека, в культурных биоценозах борьба за существование выражена в иной форме, так как вопрос идет о заселении на неопределенное время заселенных раньше пространств¹.

Мы живем в конце ледникового периода (см. § 34), в котором уже в век человека существовали огромные площади, покрытые льдом, снегом, а позднее – озерами и болотами (в плювиальной его стадии); почти все наземное живое вещество, а иногда и все, было или уничтожено, или оттеснено на соседние территории, и только после тысячелетиями длившегося отхода, таяния ледников и высыхания озер и болот, оно вновь заселяет пространство, частью новыми формами – видами и подвидами – организмов.

Организм должен получить количество неделимых на данной площади такое, чтобы он мог жить на этой площади поколениями, причем он почти никогда не может освободиться на долгое время от других соперников и должен жить всегда в сообществе с другими организмами, населяющими ту же площадь. В природе мы всегда имеем биоценозы, сообщества, качественный состав которых и количество организмов регулируется борьбой за существование, приспособлением, явлениями солидарности и цепями жизни. Сложные биоценозы, которые мы видим вокруг, делятся с малыми изменениями – если бы не было вмешательства человека – в течение миллионов, сотен тысяч лет. В областях, где не было проявления ледникового покрова последнего оледенения, в конце которого мы живем, мы имеем еще биоценозы конца третичного времени, т.е. длительность нескольких десятков миллионов лет.

В этих биоценозах мы для каждого организма имеем также максимальное количество неделимых, регулируемое природной борьбой за существование и другими аналогичными факторами. Оно в эти долгие периоды времени дает максимальное количество организмов на гектар, которое мы можем, в отличие от N_{mx} культурных биоценозов, считать в природном аспекте стабильным N_{st} , дошедшим до более или менее полного равновесия во времени, устойчивости в числе неделимых, но не всегда максимальным для данного вида. Площадь, занимаемую одним организмом или парой², соответствующую стабильному количеству неделимых одного вида, стабильному темпу размножения, я буду называть k'_3 .

Так как биоценоз есть социальное образование, то далеко не ясно, как уже указывалось (см. § 225), остается ли неизменным в биоценозе его средний химический состав и вес организма. Это может быть решено только опытом и наблюдением.

К сожалению, на эту чрезвычайно важную величину ни для животных, ни для растительных биоценозов, несмотря на большую литературу и большой

¹ Борьба за существование и влияние цепей жизни, иногда совершенно новых, например, влияние новых химических удобрений, как, например, радиоактивных.

² Для стадных и общественных (пчелы, шмели) животных организмов здесь надо учитывать ту поправку, которая указана в § 225.

интерес к этой области в биологических науках, мало обращают внимание и научно точных количественных данных у нас очень немного, почти нет. Они, кроме того, разбросаны и критически не обработаны:

$$k'_3 = \frac{S}{N_{st}}. \quad (6)$$

При этих условиях получается равновесие в них устойчивое, размножение перестает увеличивать массу живого вещества, находится в потенциальном состоянии. Мы можем видеть, например, это явление реально в нашей природе для организма с исключительной силой размножения среди цветковых растений, каким является ряска, покрывающая однослойным покровом пруды и стоячие воды. Увеличение массы ряски прекращается, когда достигнут полный покров, и тотчас начинается, если часть покрова будет удалена.

Бесчисленны и разнообразны следствия из этого основного положения и его проявления. Как одно из них – следствие борьбы за существование – можно отметить одно давно сделанное наблюдение, что в маленьком водном бассейне размеры организмов того же вида уменьшаются. Это борьба за газ в подводной атмосфере. Количество неделимых теоретически должно увеличиваться, но общая их масса мало меняется или не меняется. Подсчетов нет, требуется проверка.

Отсюда ясно, что эти числа N_{mx} и N_{st} имеют свой определенный предел. Дальнейшее размножение уже должно вредить делу, и размножение должно прекратиться. Останется только рост, опять-таки имеющий предел. Рост может быть выражен в весе среднего организма – p и p^1 . Максимальному количеству неделимых отвечает максимальная возможная масса данного живого вещества и всего живого вещества на площади с k_3 и $k'_3 \pm M$ и M' . Отвечающие им массы равны:

$$M = pN_{mx}, \quad (7)$$

$$M' = p'N_{st}. \quad (8)$$

Величины M и M' , количественно определенные и сравнимые для разных организмов, дают представление о той химической работе, которую может произвести – в пределе – на нашей планете каждый растительный или животный вид.

Сравнивая величины M и M' разных организмов, мы получаем отношения между их предельными биогеохимическими энергиями роста и размножения. Это отношение остается всегда неизменным, хотя M и M' для каждого организма есть характерная для него особая земная величина. Тот же организм в условиях другой планеты дал бы, если бы он там существовал, другие величины свободной химической энергии, как является другим в ней вес, но отношения между разными M и здесь могут сохраняться неизменными, теми же, какими они являются на Земле. Мы лишены возможности менять поле земного тяготения.

227. Ясно, если вдуматься, что вся жизнь на нашей планете определяется прежде всего размерами планеты (и ее составом) уже потому, что размеры ее и «состав» создают поле земного тяготения, которое в системе земных пла-

нет прежде всего характеризует нашу Землю и есть неповторимое природное явление. В связи с этим есть ряд характерных проявлений земного живого вещества, неизбежно отличающегося от живого вещества на других планетах. Целый ряд жизненных явлений с этим связан. Так, например, максимальная и минимальная величина земных организмов.

Минимальная величина, для нас ясно, не может быть меньше величины наименьшей молекулы, Мы видели, что она того же порядка (см. § 222), как наибольшие молекулы, т.е. 10^{-6} см. Неясно, может ли влиять сила земного тяготения на величину этих больших молекул. Мы знаем, что жизнь может проявляться в микроскопическом разрезе мира, в котором тяготение не играет той роли, которую мы всюду вокруг нас на каждом шагу наблюдаем (см. § 218). Экспериментальной базы для этого вопроса нет и физико-химики постулируют, что такого влияния нет. Но для максимальной величины организмов неизбежно, что сила земного тяготения должна ставить предел и определять максимальную величину организмов, подвижных по крайней мере. В этой области живых организмов мы не можем идти путем эксперимента, так как живем в определенном поле земного тяготения, от которого не можем избавиться, но можем идти путем наблюдений, причем можем распространить наблюдения на все геологическое время.

В результате мы видим, что пределы величины современных организмов никогда не были превзойдены, по крайней мере в порядке. Сейчас наибольшие величины мы имеем для неподвижных или малоподвижных растений. Гигантские водоросли Тихого океана, макроцистис и другие, доходят 300 м длины. На суше гигантская секвойя превышает 100 м, не считая корней. Из животных морские млекопитающие превышают длину многих десятков метров. Ископаемые ящеры того же, примерно, порядка.

Я не знаю теоретических работ в этой области, кажется, их нет, но несколько раз в истории научной мысли человек подходил к этой проблеме в форме научной фантазии, во второй половине XVIII в., например, когда очень занимала ученых и мыслителей космическая жизнь под влиянием де Фонтенелля (1657–1757) [35], в романах Свифта, Вольтера и др. [36]. В наше время кантианец, крупный историк науки и писатель К. Лассвиц [37] научно точно пытался сравнить проявление тяготения в окружающей жизни в этом аспекте на Земле и на Марсе. Как бы то ни было, ясно, что мы во всех количественных расчетах для земной жизни должны принимать во внимание явления земного тяготения и выбирать для эталона природные земные тела и явления, им охваченные.

228. Площадь k'_3 не охватывает проявлений размножения и роста в природных условиях. Есть, к сожалению, малоизученное и недостаточно обращавшее на себя внимание проявление роста и размножения, которое чрезвычайно обычно, но, к сожалению, еще во многом загадочно и неясно. Я указывал на него в § 223. Это – «волны жизни» и цветение водных бассейнов и океанов, о которых там говорится.

Причина этих явлений неизвестна. По-видимому, энергия размножения здесь больше обычной. На нашей планете, по-видимому, этот процесс не прекращается в том или ином месте даже на короткое время. Возможна связь с космическими явлениями (Палюоло). Это как бы взрыв размножения. Он захватывает как микробов и одноклеточные организмы, так и многоклеточные:

рыб, грызунов, птиц, насекомых, пауков, растения. Впечатление такое, что на данной площади организмы зарождаются с такой скоростью, что они не могут на ней поместиться. Надо при этом учитывать не только размножение, но и рост неделимых. В водных бассейнах они распределяются легко на их поверхности или образуют заросли, как *Elodea*. Нередко в планктоне, например весной в нашем полушарии, этот процесс распространяется на десятки тысяч километров и больше в короткое время. На суше миллионы и сотни тысяч организмов, такие как саранча, птицы, грызуны (лемминги и др.), бабочки и т.п., совершают огромные перелеты и переселения в тысячи километров в поисках за пищей, за территорией для заселения в количествах и весах, отвечающих порядку лав и горных пород.

К сожалению, биохимия и биогеохимия этого процесса совершенно не изучена. Мне кажется, нет ни одного полного химического элементарного анализа организмов в этом состоянии и нет исследования, химического и физиологического, тех химических соединений, которые должны этот процесс сопровождать. Очень возможно, что мы встретимся здесь с соединениями большого химического и физиологического значения, изучение свойств которых может позволить понять причину этого процесса.

Я несколько лет тому назад попробовал более понятно выразить вес одной тучи саранчи, наблюдавшейся доктором Карутерсом над Красным морем [38] в 1889 г., до организации международной борьбы с саранчой¹. Вес этой тучи отвечал $4,4 \cdot 10^7$ т. Он был почти равен весу меди, цинка и свинца вместе взятых, выработанных человечеством в течение столетия. Туча саранчи – это как бы горная порода в движении.

Ближе всего можно подойти к этому явлению, мне кажется, если свести интенсивность размножения к «заселению» площади планеты с такой густотой, которая отвечала бы размерам организма, например, так, чтобы каждый организм мог поместиться на ней, густо становясь рядом друг с другом, соприкасаясь, но не заходя на территорию другого. Эту величину площади я буду называть k'_1 , выражая ее в квадратных сантиметрах. Моделью k'_1 может служить и то представление Л. Брентано, о котором я упоминал (см. § 200), о значении человечества как вещества в планетном масштабе.

Величина k'_3 в сотни тысяч и миллионы раз может превышать k'_1 , как это видно из табл. 24, где приведено несколько примеров, k'_1 может быть численно выражено, исходя из уравнения, аналогичного тем, какими выражаются в природе k_3 и k'_3 (6)

$$k'_1 = \frac{S}{N'_{\max}}. \quad (9)$$

229. Выразим теперь эти явления размножения и роста в планетном масштабе. Два основных свойства нашей Земли при этом должны быть положены в основу: 1) как ясно, явления тяготения, и 2) поверхность планеты, с тяготением непосредственно связанная. Но есть и другие планетные явления, которые, мне кажется, должны быть приняты во внимание.

¹ При этом я уменьшил числа Карутерса в 10 раз, так как ясно было, что он не принял во внимание двойного понимания «биллиона» у англосаксов. До сих пор нет ни одного полного и точного химического анализа саранчи. Все усилия нашей лаборатории получить материал были неудачны. Эта работа стоит на очереди.

Таблица 24

**Сравнение k'_1 и k'_3 (в см^2) для одних
и тех же организмов**

Организм	k'_1	k'_3
Индийский слон	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^{12}$
Пчела	4–5	$2,6 \cdot 10^6$
Пшеница	2–4	25–35
Овцы (Шотландия)	$2,25 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^7$

Явления размножения связываются с земным временем: год, месяц, сутки, минута, секунда. Земное же время теснейшим образом связано с вращением нашей планеты вокруг своей оси и с вращением ее по земной орбите вокруг Солнца, между собою очень сложно связанных. Орбита, по-видимому, остается не-

изменной, но скорость вращения Земли вокруг своей оси меняется и только условно принимается как сутки – 24 ч 0 мин.

Но, вероятно, и орбита должна меняться, так как мы видели, что, например, количество астероидов меняется в геологическое время. Оно растет в ходе геологического времени (см. § 16), причем здесь сказывается не только влияние Солнца, но и Юпитера, значение которого в ряде астрономических явлений даже больше, чем влияние Солнца (эмпирическое обобщение Лапласа)¹ (см. § 16).

В явлениях размножения это явление мы едва ли можем принимать во внимание. Но влияние суточного вращения Земли вокруг своей оси, несомненно, должно резко сказываться. Сутки, час, минута, секунда отвечают современному геологическому моменту – историческому времени человека.

Двоякого рода явления здесь сказываются. Во-первых, несомненно, влияние Луны на приливы и отливы, тормозящие вращение Земли. Миллиард или два лет тому назад сутки были гораздо более короткими, например в криптозойской эре. Кроме того, ряд обыденных явлений, например переход воды в твердое состояние из жидкого или газообразного, скопление около полюса льдов, несомненно, должно сказываться в этих явлениях². Возможно, но мне кажется, на это не обращали внимания, что такая же реакция должна проявляться по отношению к угольной кислоте, твердое и жидкое состояние которой, наблюдаемое в больших массах, совсем не принимается во внимание. Но, конечно, масса угольной кислоты значительно меньше массы воды в биосфере. Но нельзя упускать ее из виду, так как термические параметры обоих тел резко отличны и темп явлений едва ли сравним. Явления, связанные с угольной кислотой, сравнительно более интенсивны.

Суточное вращение должно изменяться с ходом времени, и не только геологического, но и исторического. Едва ли правильно принимать такие абстрактные величины, как сутки, равные 24 ч 0 мин 0 с, без поправок. Я не могу здесь входить в состояние вопроса. Последняя сводка, мне известная, дана в хорошей книге Швиннера [40].

¹ Увеличение значения массы Юпитера должно сказываться в характере земной орбиты.

² По-видимому, возможно, что в другие геологические эпохи эти скопления льдов не были связаны с полюсами, что вызвало теорию передвижения континентов. Сейчас это является только научной гипотезой. (О современном состоянии вопроса см.: Личков Б.Л. Движения континентов.)

Мы должны выразить величины k_3 , k'_1 и k'_3 как выражения, относящиеся ко всей поверхности планеты Земля, т.е. площади $K = 5,10064 \cdot 10^{18} \text{ см}^2$.

Мы получим тогда следующие три аналогичные формулы, из которых первая связана с биогеохимической энергией человека и характеризует ноосферу, а две другие представляют процессы девственной природы, в ноосфере не находящие себе благоприятных условий для проявления. Часть процессов k'_1 уже исчезла в историческое время.

$$k_3 = \frac{5,10064 \cdot 10^{18} \text{ см}^2}{N_{\max}}, \quad (10)$$

$$k'_3 = \frac{5,10064 \cdot 10^{18} \text{ см}^2}{N_{st}}, \quad (11)$$

$$k'_1 = \frac{5,10064 \cdot 10^{18} \text{ см}^2}{N'_{\max}}. \quad (12)$$

Организмы могут достигать такого состояния в различные для каждого из них характерные длениа времени. Я буду их выражать Σ , Σ_1 и Σ_2 (в сутках).

Очевидно, эти длительности будут зависеть: 1) от быстроты размножения, т.е. от Δ и α – см. формулы 1, 2, 3; 2) от размеров, выражаемых площадью, необходимой для жизни – k ; и 3) от размеров планеты, т.е. от площади $5,10064 \cdot 10^{18} \text{ см}^2$ нормального заселения или взрыва жизни.

Исходя из этих данных, длительности заселений могут быть выражены в виде следующих аналогичных уравнений:

$$\Sigma = \frac{18,70762 \pm \lg k_3}{\Delta' + \lg 2}, \quad (13)$$

$$\Sigma_1 = \frac{18,70762 \pm \lg k'_3}{\Delta'' \lg 2}, \quad (14)$$

$$\Sigma_2 = \frac{18,70762 \pm \lg k'_1}{\Delta''' \lg 2}. \quad (15)$$

Величина Δ различна для каждого вида.

Величина Σ колеблется для каждой таксономической единицы живого вещества между 1,3 суток и несколькими тысячелетиями для крупных млекопитающих. Можно убедиться, что подобно тому, как это наблюдается для α и Δ , Σ будет совершенно правильно меняться для видов, классов и семейств организмов.

Я даю некоторые примеры такого определения в табл. 25. Но надо иметь в виду, что лежащие в основе их числа в большинстве случаев не могут считаться окончательными, так как биометрически они не приведены к настоящим средним величинам.

230. Удобно выразить скорость заселения не в двухмерном пространстве, не на плоскости, а линейной величиной по экватору, как я уже говорил (см. § 223). Если бы какое-нибудь определенное живое вещество, видовое или родовое, могло одно сплошь заселить всю поверхность геоида, оно покрыло бы в нем все линии, которые на геоиде наблюдаются, в том числе и максимальную

Заселение живым веществом поверхности планеты (в сутках)

Вид организмов	Величина Σ
Зеленый планктон (среднее)	168–183
Большие водоросли (среднее)	1782–28931 (49–79 лет)
Бактерии <i>Vibrio cholerae</i>	около 1,25
<i>Bacterium typhi</i>	» 1,8
Инфузория <i>Leucophrys patula</i>	10,6 (максимум)
Диагомые <i>Nitzschia putrida</i>	16,8 (максимум)
Инфузории <i>Paramecium caudata</i>	31,8–67,3
» <i>aurelia</i>	42,7 (среднее)
Schizophytae: <i>Anabaena baltica</i>	112–143
Насекомые <i>Culex pungens</i>	203
<i>Aphis mali</i>	392
<i>Musca domestica</i>	366
Цветковые растения: <i>Trifolium repens</i>	4076 (больше 11 лет)
Рыбы: <i>Clupea harengus</i>	2736–4485 (7–12 лет)
<i>Pleuronectes platessa</i>	2159 (около 6 лет – максимум)
<i>Gadus morrhua</i>	1556 (больше 4 лет – максимум)
Птицы – куры	5600–6100 (15–18 лет)
Млекопитающие: крысы	около 2800 (около 8 лет)
домашняя свинья	» 2800 (около 8 лет)
дикая свинья	» 20628 (больше 56 лет)
слон индийский	» 376000 (больше 1000 лет)

кривую, которая на нем может существовать – земной экватор. Я принимаю при этом поверхность Земли как близкий к эллипсоиду о трех осях земной геоид. Длина земного экватора равняется, как указано, $4,0075721 \cdot 10^9$ см. По экватору же передается в течение Σ суток и расселение данного организма. Выражая все в одних и тех же единицах – в данном случае в системе Cgs, мы должны перевести в секунды Σ суток

$$\Sigma \text{ суток} = 86\,400 \Sigma \text{ с...} \quad (16)$$

Время прохождения земного экватора при размножении, выраженное в см/с, я буду называть скоростями заселения планеты – v_3, v'_3, v'_1 впрочем скорость заселения v_3 отвечает плотности заселения k_3 , связана с биогеохимической функцией человечества и отвечает ноосфере. Она еще не достигла максимума. Аналогично, v'_3 и v'_1 отвечают девственной природе, и в ноосфере (т.е. в настоящий момент) уменьшаются в своем значении. Они связаны с k'_3 и с k'_1 (см. § 228). Они могут быть получены из следующих аналогичных формул (17–19).

$$v_3 = \frac{46383,93 \cdot \lg(\alpha' + 1)}{18,70762 \pm \lg k_3} = \frac{46383,93 \cdot \lg 2\Delta'}{18,70762 \pm \lg k_3}, \quad (17)$$

$$v'_3 = \frac{46383,93 \cdot \lg(\alpha'' + 1)}{18,70762 \pm \lg k'_3} = \frac{46383,93 \cdot \lg 2\Delta''}{18,70762 \pm \lg k'_3}, \quad (18)$$

$$v'_1 = \frac{46383,93 \cdot \lg(\alpha''' + 1)}{18,70762 \pm \lg k'_1} = \frac{46383,93 \cdot \lg 2\Delta'''}{18,70762 \pm \lg k'_1} \quad (19)$$

Из этих трех выражений *скоростей заселения*¹ в сущности только v_3 и v'_3 отвечают устойчивому равновесию и могут теоретически неограниченно распространяться на поколения, быть геологически вечны или к этому состоянию стремиться. Но v'_1 отвечает явлению, аналогичному взрыву размножения (см. § 228), и в масштабе природы всегда эфемерно во времени.

Все скорости заселения связаны со скоростью размножения – величиной Δ или α (см. формулы 13–15, 17–19). Численные коэффициенты, в эти формулы входящие, связаны с длиной экватора, и с поверхностью геоида.

Как уже упомянуто, длина экватора есть очень характерное для планеты число, сведенное к уровню океана. Это та величина, которая для наших органов чувств является прямой линией, а в действительности представляет из себя кривую, близкую к той, которую принимают при движении по экватору моряки и которая называется локсодрома.

Это – единственная максимальная линия, характерная для нашей планеты, максимальная в том смысле, что ни в каком другом направлении на нашей Земле нельзя пройти больше ее или равной ей в одну сторону (посолонь или противосолонь). Она больше земного экватора, так как на суше большое пространство приходится идти выше уровня океана².

Как не раз уже указывалось, при отсутствии биометрической обработки и при несравнимой точности химических и биологических чисел биогеохимии, зависящей от характера научной работы человека, но не от каких-нибудь препятствий по существу, все числовые величины, мною приводимые, являются предварительными и коэффициенты, в них указанные, при дальнейшем исследовании будут численно исправлены. Но все же они дают числа, в которых порядок не изменится и едва ли в большинстве случаев данных примеров коэффициенты получают значительные изменения. Я даю здесь отдельно две таблицы: 1) для v_3 (табл. 26) и 2) для v'_3 (табл. 27).

Таблица 26

Скорость заселения культурных организмов (в см/с)

Организм	v_3
Пшеница (среднее)	9,7–10
Кохинхинские куры	7,5–8,2
<i>Sus domestica</i>	9,7–10,6

231. В этой последней таблице обращает на себя внимание число скорости заселения для бактерий. Это максимальное число, которое получено для *Vibrio cholerae*, 33 100 см/с.

Я уже указывал (см. § 222), что для ультрамикробов, для бактериофага получается еще большее число, которое связано с тем, что бактериофаг разрушает, взрываясь, бактерию, в теле которой он находится, представляя в последней стадии своего развития как бы мешок со спорами, количество которых приводит к большой величине для него v'_3 . Получаемая для бактерии *Vibrio cholerae* 33 100 см/с, учитывая ту точность, какую может иметь эта

¹ Я называл раньше v скоростью передачи жизни.

² Эту поправку я не принимаю во внимание при расчете, так как она в масштабе явления ничтожна.

Скорость заселения диких организмов (в см/с)

Организм	v'_3	Организм	v'_3
<i>Elephas indicus</i>	0,096–0,1	Зеленый планктон (среднее)	246–273
<i>Sus scrofa</i>	0,9–2,25	<i>Cules pungens</i>	336,8
<i>Cicada septendecium</i>	1,03	<i>Paramaecium caudata</i>	689–1456
Большие водоросли (среднее)	1,6–2,5	<i>Noctiluca noctiluca</i>	698–1417
<i>Mus decumanus</i>	9,6 (минимум)	<i>Paramaecium surelia</i>	1083,3 (среднее)
<i>Clupea harengus</i>	10,4–17,7	<i>Glaucoma pyriformis</i>	1408–1760
<i>Pachytylus migratorius</i>	11,3	<i>Bacillus ramosus</i> при 5 °C	2127
<i>Trifolium repens</i>	11,38	<i>Nitzschia putrida</i>	2688–2745
<i>Lensciscus idus</i>	15,1	<i>Bacillus subtilis</i>	24 866
<i>Gadus morrhus</i>	26,5–29,7	<i>Bacillus ramosus</i> (оп- тимум условий)	29 538
<i>Musca domestica</i>	126,5	<i>Vibrio cholerae</i>	33 100 (до 37 350?)
Планктон пиридиней (среднее)	166–176		

величина при современном состоянии наших знаний, при обычной температуре и давлении, может считаться равной или близкой к скорости звука. Это скорость распространения звука в воздухе, т.е. в среде дыхания бактерий. Такое совпадение может быть случайным или может быть связано с характером дыхания бактерий. Я вернусь к этому ниже и попытаюсь доказать, что это не случайно (см. § 234). Но раньше остановлюсь еще на другом, связанном с ним следствии, которое указывает, что существует предельная величина количества поколений в сутки.

232. Бактерии размножаются делением. И, следовательно, для них, как ясно видно из формулы 2 (см. § 220): $2^{n\Delta} = N_n$. Эта формула для суток, т.е. для n равной единице, будет выражать количество неделимых в первые сутки:

$$2\Delta = N_1.$$

Легко убедиться, что Δ будет представлять среднее число поколений в сутки. В этом случае мы видим, что Δ является не целым числом, но близким к нему. Возможно, что это связано с той величиной, которую мы выбираем для определения времени, т.е. суточного движения Земли вокруг своей оси, которое даже в среднем не равно 24 ч 0 мин 0 с, которые мы условно принимаем при расчетах теоретически (см. § 229).

Как всюду в природных явлениях, мы имеем дело не с точным механизмом, а с организованностью (см. § 174), с колебаниями около некоторых средних величин, причем эти средние величины могут закономерно меняться.

Бактерии занимают замечательное положение в живом веществе в царстве жизни. Это организмы наименьших размеров, если не считать бактериофаг и вирусы (споры вирусов?), и с наибольшей скоростью размножения

делением. Мы уже видели на случае бактериофага д'Эрелля (см. § 222), что он размножается не делением, и едва ли можно говорить для него о поколениях. Но эти вопросы выходят за пределы этой книги по их малой изученности. Я касался их раньше (см. § 222), сколько было возможно, и возвращаться к ним не буду¹.

233. Для бактерий важна другая величина, величина *средней длительности* создания поколений в сутки. Эта величина, вероятно, и биологически чрезвычайно важна. Эту величину я буду называть τ , и она выражается в секундах следующей формулой:

$$\tau = \frac{86,400}{\Delta}. \quad (21)$$

Это будет *средняя скорость создания одного поколения в первые сутки делением*.

Очевидно, этот период τ не может быть неограничен, должен иметь минимальный предел. Он выражает то время, которое необходимо для приготовления всех сложнейших и химических соединений, строящих тело бактерий, и в которых идут сложные процессы, связанные с их делением. Я думаю, что название здесь «деление» не вполне может быть сравнимо с делением, идущим в одноклеточных организмах и в клетках тканей Metazoa и Metaphyta, с которым его часто сравнивают.

Я уже указывал (см. § 218), что бактерия не является клеткой и скорость ее деления лежит далеко впереди за пределами скорости деления настоящих клеток. Правильнее будет поэтому не сравнивать их в этом аспекте, чтобы не создавать ложных представлений. Это видно уже из того, с какой непонятной для нас скоростью могут создаваться те огромные массы вещества, которые могут создаваться, если процесс размножения бактерий мог бы без перерыва в той же прогрессии происходить в течение нескольких суток подряд. Не хватило бы места на нашей планете, как мы видели в § 223. В сводках по бактериологии указывают для τ величины в 17–20 мин как наименьшие, но эти величины не являются средними числами, а, скорее, отдельными минимумами. Для минимальной τ для *Vibrio cholerae* [см. табл. 23 при $\Delta = 61,02$ – $62,47$ она равна округленно – 1380–1416 с (23–23,6 мин)].

Я не буду приводить других данных, так как при массе работ, происходящих в области бактериологии, мы напрасно ищем средних чисел биометрически точных.

Но можно провизорно указать возможные максимальные пределы для числа поколений: $\Delta = 63$ – 64 , а для суточного числа неделимых $N_{mx} = 10^{26}$ – 10^{27} . Размеры организмов не должны превышать порядка 10^{-5} см. Точное определение этих величин имеет большой интерес как геологический, так и геохимический. Оно даст числовое представление о размерах наименьших организмов, размножающихся простым делением, с одной стороны, а с другой – о возможном значении числа M (см. § 227), массы или веса одного однородного живого вещества, могущего существовать на нашей планете.

¹ Я придерживаюсь научной гипотезы, которая может быть проверена, что вирус-белок состоит из инертного белка и собирающихся при его кристаллизации живых спор.

Поэтому для дальнейшей работы в области геохимии точное определение наименьшего возможного значения величины M имеет первостепенное значение. Это должно быть сделано биометрически правильно. Чисел этих пока нет.

234. Мы видим, таким образом, что для бактерий, наиболее быстро размножающихся из всех организмов, если оставить в стороне бактериофаг и вирусы¹, которые не могут быть сведены просто к размножению делением (см. § 232), как величина τ , так и величина v'_3 имеют максимальный предел, как это и логически надо ожидать.

В 1925 г. в ненапечатанном моем французском отчете (Fondation Rosenthal. *Notions generales sur la propagation de la matière vivants sur la surface terrestre*) я пытался дать объяснение этого явления, связав его с дыханием живого вещества² при размножении.

Бактерии, находятся ли они в твердых тканях организма или в водной среде, всегда дышат, т.е. проявляют газовый обмен. Этот газовый обмен (дыхание или брожение) идет иногда очень энергично, и бывает, что, размножаясь, бактерии пеняются. Это явление, например, известно для *Vacillus* в неопубликованных опытах Шперлинг и Казакова³, проведенных в связи с Биогеохимической лабораторией в 1939–1940 гг.

Бактерии наблюдаются как в воздушной, так и в подводной и в подземной тропосферах нашей планеты и ее живого вещества. По-видимому, для них необходимы не только жидкость, но и газовая среда, ее проникающая.

Я уже касался газового раствора в природных водах. Этот «раствор» не аналогичен раствору жидкостей и твердых тел в природных водах. Это ярко сказывается в том основном явлении, недостаточно учитываемом в своем значении геохимиками и геофизиками, что газы, растворенные в природных водах, находятся в теснейшей связи с надземной тропосферой как одно непрерывное тело. Давление растворенных кислорода или азота на дне океана равно нескольким атмосферам, в то самое время как давление воды океана достигает тысяч атмосфер. Газы надземной тропосферы проникают воду океана до дна как одно неразрывное целое. Понятие газового раствора, ныне господствующее, не отвечает действительности.

Газ как газ проникает природные воды, но не растворяется в них. Если это для наших органов чувств неощутимо, то для мельчайших организмов, которыми являются бактерии, это должно резко сказываться.

¹ Мы сталкиваемся здесь со взрывом размножения, если можно так сказать, так как в обоих случаях мы имеем дело (см.: Биогеохимические очерки. С. 118 и сл.) со спорами, одновременно созревающими и разрывающими тот организм, в котором они находятся. Это пока что научная рабочая гипотеза.

² Этот отчет с небольшими дополнениями я прошу Академию напечатать отдельной брошюрой. Некоторые выводы из него были напечатаны в «Биогеохимических очерках».

³ Работа А.А. Шперлинг и А.В. Казакова не была закончена. Опыт был поставлен так, что бактерия для размножения должна была получать калий из больших пластинок мусковита. Вся остальная питательная среда была оставлена без изменения. В результате получилось мощное развитие бактерий и большие пластинки слюды превращаются в порошок. К сожалению, эти опыты не удалось довести до конца. Они должны быть возобновлены и доведены до конца. Опыты велись с бактерией, описанной в журнале «*Chemik Polski*», которая выделяет по его опытам, максимальное количество угольной кислоты. Штамм был получен от проф. В.О. Таусона.

Поэтому, получив для самых быстро размножающихся бактерий скорость размножения, равную порядку распространения звука в воздухе, я не считал это случайным совпадением, но принял за реальный факт, тесно связанный с дыханием бактерий. Проф. Мейер в College de France, с которым я имел разговор в 1925 г., оговорился, что он имеет сомнения в правильности моего объяснения. Но факт остается фактом. Я вернусь к этому при напечатании моего французского доклада.

Покоряясь фактам, я считаю возможным признать, что в водной среде, проникнутой газом, для микроскопического разреза мира, в котором живут эти бактерии (в основном, учитывая ультрамикроскопические размеры этих бактерий порядка 10^{-4} – 10^{-6} см – в среднем можно взять 10^{-5} см), свойства газовой среды, «растворенной» в воде, будут для этих бактерий отвечать свойствам газов для организмов тропосферы. Человек не может подойти к пониманию этих явлений, иначе как исходя из явлений, идущих для него в воздушной тропосфере. *Бактерии живут в подводной газовой атмосфере воды, в отношении к газовым молекулам раствора, как живет человек в свободной газовой среде воздушной тропосферы.* Для ее параметров это газовое пространство.

Звук как звук есть явление физиологическое, но колебательное движение, его вызывающее, есть физический факт. Звуковые волны имеют определенную длину и частоту и осязательны как звук для человеческого уха только в небольших пределах. В последнее время обратили на себя большое внимание неслышимые человеческим ухом «ультразвуковые» волны в водной среде, которые чрезвычайно часто являются губительными для микроорганизмов и их убивают. Нормальные, менее быстрые звуковые волны, как они отражаются в газовых растворах природных волн, никакого вредного влияния на микробов не оказывают.

В нашей воздушной тропосфере звук является следствием так называемой упругости воздуха, теснейшим образом связанной с основными свойствами газов. Это быстро преходящее явление, не нарушающее его строения. Поскольку движение в воздухе не превышает скорости звуковой волны, мы не наблюдаем никакого нарушения в тропосфере, сколько-нибудь длительного. Совершенно другое происходит, когда в нашу атмосферу попадают тела, движущиеся со скоростью, превышающей скорость звука. В таком случае как раз получают резкие изменения среды, звуковая волна становится разрушительной и к ней прибавляются тепловые и световые явления – взрывные явления. Мы наблюдаем эти явления, например, во время падения метеоритов, входящих в нашу тропосферу с космической скоростью и постепенно ее теряющих, приравливаясь к полю земного тяготения, и в меньшей степени, но чаще при артиллерийской стрельбе и в явлениях, изучаемых в баллистике.

В этих явлениях мы имеем скорость движения, превышающую скорость звука, и мы увидим, что такие явления не могут существовать для нормальных, миллионы лет длящихся, природных процессов. Только скоро преходящие, мгновенно существующие разрушительные природные процессы могут достигать в тропосфере такой мощности. Таковы некоторые грозы, смерчи, бури.

При дыхании микроорганизмов мы сталкиваемся с газами, атомами и молекулами – величинами порядка 10^{-8} см. Величина газовых молекул отвечает порядку 10^{-7} см.

Скорость размножения

Δ – коэффициент, характеризующий темп размножения (для многих протистов Δ выражает число поколений в сутки); α – суточный прирост делимого при размножении

Организм	Δ	α
<i>Бактерии</i>		
<i>Bacterium coli comm</i>	61,27	$2,78 \cdot 10^{18}$
<i>Vibrio cholerae asiat</i>	61,02–62,47	$2,2 \cdot 10^{18} - 6,4 \cdot 10^{18}$
<i>Bacillus ramosus</i>	53,33	$1,16 \cdot 10^{16}$
<i>Диатомеи</i>		
<i>Nitzachia putrida</i>	4,8	26,8
Среднее для морских диатомей (планктон)	0,5	0,41
<i>Piridinae</i>		
Среднее для <i>Ceratium</i> (планктон)	0,25	0,19
<i>Phytomonadina</i>		
<i>Eudorina elegans</i>	0,79	0,72
<i>Heliozoa</i>		
<i>Actinophrys</i>	1,25	1,38
<i>Инфузории</i>		
<i>Paramecium surelia</i>	1,78	2,32
» <i>caudata</i>	1,09	2,12
<i>Leucophrys patula</i>	7,0	127,0
<i>Dicotybedonae</i>		
<i>Trifolium repens</i>	0,016	0,088
<i>Solanum nigrum</i>	0,04	0,029
Пшеница (среднее для Франции)	0,019	0,013
<i>Mammalia</i>		
<i>Sus scrofa</i>	$0,9-2,25 \cdot 10^{-3}$	$0,5-1,5 \cdot 10^{-3}$
» <i>domestica</i>	$9,7-10,6 \cdot 10^{-3}$	$6,7-7,10^{-3}$
<i>Mus decumanus</i>	$9,6 \text{ (мин)} \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$
<i>Elephas indicus</i>	$0,096-0,4 \cdot 10^{-3}$	$0,067-0,07 \cdot 10^{-3}$

Она не может быть меньше, так как числа следующего порядка 10^{-8} см отвечают расстояниям между атомами. В газовом обмене мы имеем дело, таким образом, между частицами 10^{-7} см и частицами, в сотни и в тысячи раз большими. В 1 см^3 количество газовых молекул не может превышать для 0° и 760 мм $2706 \cdot 10^{19}$ газовых молекул. Это число Авогадро (Лош-мидта).

В радиогеологических и биохимических процессах, связанных с живым веществом, мы ясно видим, что живое вещество может выбирать из них определенные изотопы, т.е. различать атомы разного строения и веса в одном и том же химическом элементе. Мы выходим здесь из мира химических явлений и переходим в мир атомов – радиогеологических или радиохимических явлений.

Идея о связи жизни с атомами, а не с молекулами, т.е. с микроскопическим разрезом мира по существу, была, насколько я знаю, впервые ясно высказана И.Д. Лукашевичем на его лекции в Твери в 1909 г. [41].

Исходя из этих основных положений о единстве жизненного субстрата и о единстве для него биогенной миграции атомов 1 -го рода в разных его проявлениях, мы можем выразить явления размножения как биогеохимическую энергию одной и той же формулой, причем в реальности она для многоклеточных организмов никогда не достигает той величины при их размножении (но проявляется, например, в росте их тканей), которую, как мы увидим, она имеет для микробов. В явлениях размножения, воспроизведения новых неделимых, т.е. поколений, в скорости появления поколений мы увидим огромный перерыв, исчисляемый миллиардами и больше раз. Но в росте тканей тела многоклеточных организмов смена поколений, по-видимому, может приближаться к микробам (?).

С этой точки зрения, по-видимому, бактерии должны быть отделены от одноклеточных организмов; как известно, и ряд биологов не считают бактерии за клетки. Это получает подтверждение из таблицы, данной мной в 1925 г. [42], которую я здесь воспроизвожу (табл. 28). В этой таблице ярко видно особое положение микробов.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Вернадский В. La Géochimie. P., 1924; Очерки геохимии. М., Л., 1927; Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Leipzig, 1930; Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934.
2. Вернадский В. Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 213.
3. Дарвин Ч. Сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1939. Т. III. С. 359.
4. Некрасов А.Д. // Дарвин Ч. Сочинения. 1939, Т. III. С. 798: примеч. ред. 52.
5. Вернадский В. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 135 и сл.
6. Мальтус Р. Опыт о законе народонаселения. 1798.
7. Дарвин Ч. Указ. соч. С. 316–317.
8. Там же. С. 317.
9. Там же. С. 318.
10. Там же.
11. См.: Wilcke C., Linné C. // Ammonitates Acad. 1763. Vol. 6. P. 27. Holm.
12. Дарвин Ч. Указ. соч. С. 394.
13. Там же. С. 666.
14. Там же. С. 662–663.
15. Quatrefages A.de. Darwin et ses précurseurs français. P., 1870.
16. Северцов А.Н. Главные направления эволюционного процесса. 2-е изд. М.; Л., 1904. С. 102–103.
17. Vernadsky W. Nations générates sur la propagation de la matière vivante sur la surface terrestre. Рукопись. 1925.
18. Вернадский В. // Изв. АН СССР. Сер. 6. 1926. Т. 20, № 18. С. 1692–1694; Rev. gén. sci. 1926. Vol. 37, № 23. P. 661–668; Zbl. Miner. Abt. B. 1928. № 11. S. 583–594; Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 59–83.
19. Ссылка отсутствует.
20. Лебедевцев А.Н. // Докл. АН СССР. 1929. С. 38; Тр. Биогеохим. лаб. 1930. С. 49–59; Вернадский В. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 167.
21. Вернадский В. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 147.
22. Ссылка отсутствует.
23. Вернадский В. Биогеохимические очерки. С. 147.
24. Le Roy. La pensée in intuitive. P., 1930. Teilhard de Chardin.
25. Ссылка отсутствует.
26. Вернадский В. // Изв. АН СССР. Сер. 6. 1926. Т. 20, № 9. С. 697–726; № 12. С. 1053–1060. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 59, 67.
27. d'Herelle F. La bacteriophage et son comportement. 2 ed. 1916; Вернадский В. // Природа, 1927. № 6. С. 433–446; Биогеохимические очерки. С. 118.

28. W. Bragg.
29. Вернадский В. Биогеохимические очерки. С. 123.
30. О Плотине см.: Владиславлев М. Плотин. СПб., 1867.
31. Ehrenberg C. // *Microgeologie*. 1854. Bd. 8/9.
32. Cohn F. // *Pflanze*. 1897. Bd. 2. S. 450.
33. Hudson W. The naturalist in La Plata. На рус. языке.: Хэдсон. Натуралист на Лаплате. СПб., 1896.
34. Carrel. Man, the unknown; Metalnikov S. La lutte contre la mort. P., 1937.
35. Де Фонтенель. Беседы о множестве миров. 1685.
36. Свифт Д. Путешествия в некоторые отдаленные части света Лемюэля Гулливера. Л.: Academia, 1928; Вольтер. Микромегас. Философские повести (Разные издания, например ГИХЛ, 1954).
37. Lasswitz K. Auf zwei Plane ten.
38. Carruthers G. // *Nature*. 1890. Vol. 41. P. 153.
39. Вернадский В. // Зап. Гос. гидрол. ин-та. 1933. Т. 10. С. 5–16.
40. Ссылка отсутствует.
41. Лукашевич И.Д. Что такое жизнь? Биологический этюд. СПб., 1909.
42. Вернадский В. Биогеохимические очерки. М.; Л., 1940. С. 67.

О НООСФЕРЕ

БИОСФЕРА И НООСФЕРА

БИОСФЕРА

Живое вещество есть совокупность всех организмов Земли, находящихся на ней в данный период времени. В целом эта совокупность играет большую роль, хотя если говорить о воздействии человека на планетные процессы, то роль отдельной личности может быть ничтожной. Живое вещество на Земле можно рассматривать как совокупность средних живых организмов, относящихся ко всем таксономически различным группам. Мы говорим, что каждая из таких групп состоит из *однородного* живого вещества.

Живое вещество существует только в биосфере (1)*. Биосфера включает в себя земную тропосферу, океаны и тонкую пленку в континентальных областях, уходящую на глубину не менее чем на три километра. Человек стремится увеличить размеры биосферы.

Биосферу определяют как область жизни, однако более точно ее следует определить как оболочку, в которой могут происходить изменения, вызванные приходящим солнечным излучением.

Вещество, составляющее биосферу, существенно неоднородно, и мы различаем косное и живое вещество. Косное вещество резко преобладает по массе и по объему. Происходит непрерывная миграция атомов из косного вещества биосферы в живое и обратно. Все исследуемые объекты в биосфере следует называть естественными телами биосферы. Среди них различают тела живые, косные или биокосные, как, например, почва или озерная вода. Результаты исследования природных явлений образуют «систему природы» и приводят к накоплению чисел, составляющих систематизированное значение, т.е. *corpus scientiarum* – «научный аппарат», растущий как снежный ком; этот «научный аппарат» охватывает все систематизированное знание, которое может быть противопоставлено философии, религии и искусству, где истина вскрывается интуитивным творчеством; систематизированная история этих проявлений человеческого духа принадлежит научному аппарату.

В прошлом не уделяли достаточного «внимания двум научным концепциям: а) *Пастера*, который был совершенно прав, когда придавал исключительно важную роль преобладанию оптически активных соединений как характерному общему свойству живых тел и продуктов их жизнедеятельности: идея *Пастера* имеет непреходящее значение; б) вклад живых организмов

* Здесь и далее примечания и ссылки самого В.И. Вернадского к настоящей работе даны в круглых скобках и приведены в конце статьи. – *Ред.*

в энергетику биосферы серьезно недооценивался. Биогеохимическая энергия может быть выражена скоростью заселения биосферы данным видом организмов. Для некоторых бактерий скорость заселения, ограниченная скоростью деления цепочки клеток, приближается к скорости звука и соответствует тенденции к мгновенному потенциальному заселению всей поверхности Земли этим живым организмом.

Будем иметь в виду эти вводные принципы и выразим в табличной форме различия между живым и косным веществом; перечень признаков приведен в сокращенном виде. Различия определяются не только разницей энергетических и химических свойств живых и косных тел. Кроме того, имеются фундаментальные различия в пространственно-временных состояниях живых и косных тел. Мы полагаем, что геометрия, присущая живым организмам, может отличаться от геометрии косных тел.

I

А. Живые естественные тела проявляются только в биосфере и только в форме дисперсных тел. Никогда не наблюдалось возникновение живых тел из косных. Возможно, но до сих пор не доказано проникновение живых естественных тел из космического пространства.

В. Дисперсные косные формы сконцентрированы в биосфере, но их также находят много глубже, в пределах земной коры. Они создаются в биосфере, но, кроме того, привносятся в нее из более нижних земных оболочек в вулканических процессах, а также из космических просторов – в форме метеоритов и космической пыли.

II

А. Живые естественные тела как морфологически, обладая клеточным строением и протоплазменной природой, так и присущей им способностью к размножению представляют собой единое целое. Такое единство всех живых естественных тел должно быть связано с их генетическим единством в ходе геологического времени.

В. Косные естественные тела чрезвычайно разнообразны и никакой единой морфологической или генетической связью между собой не обладают.

III

А. Химическое различие правых и левых форм одного и того же химического соединения характеризует состояние физического пространства, занятого живым организмом. Преобладают или правые, или левые изомеры.

В. Левые и правые формы одних и тех же химических соединений в косных телах имеют одни и те же химические свойства. Количество правых и левых кристаллических многогранников, образующихся в косной среде, одинаково.

IV

А. Новое живое естественное тело рождается только из другого живого тела, ему подобного. Временами возникают новые поколения, отличные от предыдущих. Возникновение у живых организмов центральной нервной сис-

темы привело к возрастанию геологической роли живого вещества с конца плиоцена.

В. Новые косные естественные тела создаются в биосфере безотносительно от ранее бывших естественных тел. Мы видим те же косные естественные тела и те же явления их образования на протяжении двух миллиардов лет. Новые виды косных тел появляются только под влиянием живого вещества, особенно вследствие жизнедеятельности человека.

V

А. Живых жидких и газообразных тел нет, хотя жидкости и газы присутствуют в мезоморфных или твердых живых телах. Произвольное движение, в значительной степени саморегулируемое, является общим признаком живого естественного тела. Пассивная форма движения создается размножением, однако его следствия, выражаемые в заселении биосферы, могут быть сравнимы с расширением массы газа.

В. Жидкие и газообразные косные тела принимают форму вместилищ, в которых они находятся. Твердые и мезоморфные косные тела не растут и не увеличиваются в своей массе.

VI

А. Существует непрерывная миграция атомов из биосферы в организмы и обратно. Благодаря этому в организмах создается огромное и непрерывно меняющееся количество молекул, которые не могут быть рождены какими-то иными процессами в биосфере.

В. Косные естественные тела меняются исключительно от внешних причин, исключение составляют радиоактивные вещества.

VII

А. Число живых естественных тел количественно связано с размерами биосферы.

В. Число косных естественных тел определяется общими свойствами материи и энергии и не зависит от размеров планеты.

VIII

А. Масса живого вещества остается в основном постоянной и определяется лучистой солнечной энергией и биогеохимической энергией заселения планеты, однако, очевидно, эта масса близка к пределу, а процесс заселения еще не закончен.

В. Площадь проявления косных естественных тел в биосфере ограничена ее размерами и увеличивается только с ее ростом, вызванным движением живого вещества.

IX

А. Минимальный размер живого естественного тела определяется дыханием, он порядка 10^{-6} см. Максимальный размер никогда не превышает $n \cdot 10^4$. Диапазон небольшой: 10^{10} .

В. Минимальный размер косного естественного тела биосферы определяется дисперсностью материи и энергии, т.е. размером элементарных частиц в физике. Максимальный размер определяется размерами биосферы. Диапазон: 10^{40} или больше.

X

А. Химический состав живых естественных тел является функцией их собственных свойств.

В. Химический состав косных естественных тел является функцией свойств окружающей среды, в которой они создаются.

XI

А. Количество химических соединений в живых естественных телах связано с числом индивидуальных организмов и, вероятно, достигает многих миллионов.

В. Количество различных химических соединений в косных естественных телах ограничено немногими тысячами.

XII

А. Природные процессы живого вещества увеличивают свободную энергию биосферы.

В. Все природные процессы в области косных естественных тел, за исключением радиоактивного распада, уменьшают свободную энергию биосферы.

XIII

А. Живые естественные тела всегда являются мезоморфными, и вне латентных состояний живого вещества водород и кислород в форме воды резко преобладают, образуя крайне сложные смеси с другими соединениями. Химический состав любого живого естественного тела строго определен, хотя и не проявляет стехиометрических отношений, и более постоянен, чем химический состав изоморфных смесей природных минералов.

В. Химический состав косных естественных тел может отвечать почти теоретически чистому химическому соединению с точными стехиометрическими отношениями между элементами. В минералах преобладают твердые растворы.

XIV

А. Процессы, протекающие в живом веществе, могут приводить к существенному изменению их изотопических смесей.

В. Изотопические смеси в косных естественных телах в биосфере заметно не меняются, хотя за пределами биосферы, в глубине земной коры, такие изменения, по-видимому, происходят.

XV

А. Огромное большинство живых естественных тел меняется в своей форме эволюционным процессом. Однако скорость подобных изменений крайне различна.

В. Большинство инертных естественных тел в биосфере устойчиво, чем объясняется немногочисленность их видов.

А. Процессы, создающие живые естественные тела, необратимы во времени.

В. *Все физико-химические процессы в косных естественных телах обратимы во времени.*

В общезнании обычно говорят о человеке как о свободно живущем и передвигающемся на нашей планете индивидууме, который свободно строит свою историю. До сих пор историки, вообще ученые гуманитарных наук, а в известной мере и биологи сознательно не считаются с естественными законами биосферы – той земной оболочкой, где может существовать жизнь. Стихийно человек не может быть от нее отделен; и эта неразрывность только теперь начинает перед нами точно выясняться. Он геологически связан с материально-энергетической структурой биосферы. В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится (2). Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны – прежде всего питанием и дыханием – с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут.

В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание; она выявляется как планетное явление космического характера. В биогеохимии нам приходится считаться с тем, что живые организмы существуют не только на одной нашей планете, не только в земной биосфере. Это установлено сейчас, мне кажется, без сомнений пока для всех так называемых земных планет, т.е. для Венеры, Земли и Марса (3).

В архивах науки, в том числе и русской, мысль о жизни как о космическом явлении существовала уже давно. В конце семнадцатого века голландский ученый Христиан Гюйгенс (1629–1695) в своей последней работе «Космотерос», вышедшей в свет уже после его смерти, научно выдвинул эту проблему. Книга эта была дважды по инициативе Петра Великого издана на русском языке под заглавием «Книга мировоззрения» в первой четверти восемнадцатого века (4), Гюйгенс в ней установил научное обобщение, что «жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи». Это обобщение я назвал недавно «принципом Гюйгенса» (5).

Живое вещество по весу составляет ничтожную часть нашей планеты. По-видимому, это соотношение наблюдается в течение всего геологического времени, т.е. *геологически вечно* (6). Живое вещество сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной пленке на поверхности суши в тропосфере, в лесах и полях, и проникает весь океан. Количество его исчисляется примерно 0,25% биосферы по весу. На суше оно идет в сплошных скоплениях на глубину в среднем, вероятно, меньше 3 км.

НООСФЕРА (7)

Мы приближаемся к решающему моменту во второй мировой войне. Она возобновилась в Европе после 21- годового перерыва, в 1939 г., и длится в Западной Европе пять лет, а у нас, в Восточной Европе, три года. На Дальнем Востоке она возобновилась раньше – в 1931 г. – и длится уже 12-й год. В истории человечества и в биосфере вообще война такой мощности, длительности и силы – *небывалое явление*. К тому же ей предшествовала тесно

с ней связанная причинно, но значительно менее мощная первая мировая война.

В нашей стране эта первая мировая война привела к новой – исторически небывалой – *форме государственности* не только в области экономической, но и в области национальных стремлений. С точки зрения натуралиста (а думаю, и историка) можно и должно рассматривать исторические явления такой мощности как единый большой земной *геологический*, а не только *исторический* процесс.

Первая мировая война лично в моей научной работе отразилась самым решающим образом. Она изменила в корне мое *геологическое миропонимание*. В атмосфере этой войны я подошел в геологии к новому для меня и для других и тогда забытому пониманию природы – к геохимическому и биогеохимическому, охватывающему и косную и живую природу с одной и той же точки зрения (8). Я провел годы первой мировой войны в непрерывной научно-творческой работе; неуклонно продолжаю ее в том же направлении и до сих пор.

28 лет назад, в 1915 г., в Академии наук была образована академическая «Комиссия по изучению производительных сил» нашей страны, так называемый КЕПС, председателем которого я был, сыгравшая заметную роль в критическое время первой мировой войны. Ибо для Академии наук совершенно неожиданно в разгаре войны выяснилось, что в царской России не было точных данных о так называемом теперь стратегическом сырье, и нам пришлось быстро сводить воедино рассеянные данные и быстро покрывать недочеты нашего знания (9).

К сожалению, ко времени начала второй мировой войны сохранилась наиболее бюрократизированная часть нашей комиссии, так называемый Совет по изучению производительных сил, и стало необходимо спешно восстанавливать остальные ее подразделения.

Подходя геохимически и биогеохимически к изучению геологических явлений, мы охватываем всю окружающую нас природу в одном и том же атомном аспекте. Это как раз – бессознательно для меня – совпало с тем, что, как оказалось теперь, характеризует науку XX в. и отличает ее от прошлых веков. *XX век есть век научного атомизма.*

Все эти годы, 1917–1918, так получилось, что совершенно случайно я оказался на Украине (10) и вплоть до 1921 г. был не в состоянии возвратиться в Петроград. Все эти годы, где бы я ни был, я был охвачен мыслью о геохимических и биогеохимических проявлениях в окружающей меня природе, в биосфере. Наблюдая ее, я в то же время направил интенсивно и систематически в эту сторону и свое чтение, и свое размышление. Получаемые мною результаты я излагал постепенно, как они складывались, в виде лекций и докладов в тех городах, где мне пришлось в то время жить: в Ялте, в Полтаве, в Киеве, в Симферополе, в Новороссийске, в Ростове и других. Кроме того, всюду – почти во всех городах, где мне пришлось жить, – я читал все, что можно было в этом аспекте, в широком его понимании, достать. Стоя на эмпирической почве, я оставил в стороне, сколько был в состоянии, всякие философские искания и старался опираться только на точно установленные научные и эмпирические факты и обобщения, изредка допуская рабочие научные гипотезы. В связи со всем этим в явления жизни я ввел вместо понятия

«жизнь» понятие «живое вещество», сейчас, мне кажется, прочно утвердившееся в науке. «Живое вещество» есть совокупность живых организмов. Это не что иное, как научное, эмпирическое обобщение всем известных и легко и точно наблюдаемых бесчисленных эмпирически бесспорных фактов. Понятие «жизнь» всегда выходит за пределы понятия «живое вещество» в области философии, фольклора, религии, художественного творчества. Это все отпало в «живом веществе».

В ходе геологического времени живое вещество изменяется морфологически согласно законам природы. История живого вещества в ходе времени выражается в медленном изменении форм жизни, форм живых организмов, генетически между собой непрерывно связанных, от одного поколения к другому, без перерыва. Веками эта мысль поднималась в научных исканиях; в 1859 г. она наконец получила прочное обоснование в великих достижениях *Чарльза Дарвина* (1809–1882) и *Уоллеса* (1822–1913). Она вылилась в учение об эволюции видов – растений и животных, в том числе и человека. Эволюционный процесс присущ только живому веществу. В косном веществе нашей планеты нет его проявлений. Те же самые минералы и горные породы образовывались в криптозойской эре, какие образуются и теперь (11). Исключением являются биокосные природные тела, всегда связанные так или иначе с живым веществом (12).

Изменение морфологического строения живого вещества, наблюдаемое в процессе эволюции в ходе геологического времени, неизбежно приводит к изменению его химического состава (13).

Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массами биосферы, то биогенные породы составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явления метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер (14). В замечательной по многим мыслям книге *Ламарка* «Hydrogeologie» (1802) живое вещество, как я его понимаю, являлось создателем главных горных пород нашей планеты. *Ламарк де Монне* (1744–1829) до самой смерти не принимал открытий *Лавуазье* (1743–1794). Но другой крупнейший химик, *Ж.Б. Дюма*, его младший современник (1800–1884), много занимавшийся химией живого вещества, долго держался представлений о количественном значении живого вещества в строении горных пород биосферы.

Младшие современники *Ч. Дарвина* – *Д.Д. Дана* (1813–1895) и *Д. Ле-Конт* (1823–1901), два крупнейших североамериканских геолога (а *Дана* к тому же и минералог и биолог), выявили еще до 1859 г. эмпирическое обобщение, которое показывает, что *эволюция живого вещества идет в определенном направлении*. Это явление было названо *Дана* «цефализацией», а *Ле-Контом* «психозойской эрой». *Дана*, подобно *Дарвину*, пришел к этой мысли, к этому пониманию живой природы во время своего кругосветного путешествия, которое он начал через два года после возвращения в Лондон *Дарвина*, т.е. в 1838 г., и которое продолжалось до 1842 г. (15).

Эмпирические представления о направленности эволюционного процесса – без попыток теоретически их обосновать – идут глубже, в XVIII в. Уже *Бюффон* (1707–1788) говорил о царстве человека, в котором он живет, основываясь на геологическом значении человека. Эволюционная идея была ему

чужда. Она была чужда и *Агассису* (1807–1873), введшему в науку идею о ледниковом периоде. *Агассис* жил уже в эпоху бурного расцвета геологии. Он считал, что геологически наступило царство человека, но из богословских представлений высказывался против эволюционной теории. *Ле-Конт* указывает, что *Дана*, стоявший раньше на точке зрения, близкой *Агассису*, в последние годы жизни принял идею эволюции в ее тогда обычном, дарвиновском понимании (16). Разница между представлениями о «психозойской эре» *Ле-Конта* и «цефализацией» *Дана* исчезла. К сожалению, в нашей стране особенно, это крупное эмпирическое обобщение до сих пор остается вне кругозора биологов.

Правильность принципа *Дана*, который оказался вне кругозора наших палеонтологов, может быть легко проверена теми, кто захочет это сделать, по любому современному курсу палеонтологии. Он охватывает не только все животное царство, но ярко проявляется и в отдельных типах животных. *Дана* указал, что в ходе геологического времени, т.е. на протяжении двух миллиардов лет по крайней мере, а наверное много больше, наблюдается скачкообразное усовершенствование – рост центральной нервной системы, начиная от ракообразных (на которых эмпирически и установил свой принцип *Дана*) и от моллюсков (головноногих) и кончая человеком. Это явление и названо им цефализацией. Раз достигнутый уровень мозга в достигнутой эволюции не идет уже вспять, только вперед.

Исходя из геологической роли человека, геолог *А.П. Павлов* (1854–1929) в последние годы своей жизни говорил об *антропогенной эре*, нами теперь переживаемой. Он не учитывал возможности тех разрушений духовных и материальных ценностей, которые мы сейчас переживаем вследствие варварского нашествия немцев и их союзников, через десять с небольшим лет после его смерти, но он правильно подчеркнул, что человек на наших глазах становится могучей геологической силой, все растущей. Эта геологическая сила сложилась геологически длительно, для человека совершенно незаметно. С этим совпало изменение (материальное прежде всего) положения человека на нашей планете. В XX в. впервые в истории Земли человек узнал и охватил всю биосферу, закончил географическую карту планеты Земля, расселился по всей ее поверхности. *Человечество своей жизнью стало единым целым*. Нет ни одного клочка Земли, где бы человек не мог прожить, если бы это было ему нужно. Наше пребывание в 1937–1938 гг. на плавучих льдах Северного полюса это ярко доказало. И одновременно с этим благодаря мощной технике и успехам научного мышления, благодаря радио и телевидению человек может мгновенно говорить в любой точке нашей планеты с кем угодно. Перелеты и перевозки достигли скорости нескольких сотен километров в час, и на этом они еще не остановились. Все это результат «цефализации», роста человеческого мозга и направляемого им его труда.

В ярком образе экономист *Л. Брентано* иллюстрировал планетную значимость этого явления. Он подсчитал, что, если бы каждому человеку дать один квадратный метр и поставить всех людей рядом, они не заняли бы даже всей площади маленького Боденского озера на границе Баварии и Швейцарии. Остальная поверхность Земли оставалась бы пустой от человека. Таким образом, все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом.

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

Геологический эволюционный процесс отвечает биологическому единству и равенству всех людей – Homo sapiens и его геологических предков Sinanthropus и др., потомство которых для белых, красных, желтых и черных рас – любым образом среди них всех – развивается безостановочно в бесчисленных поколениях (17). Это закон природы. В историческом состязании, например в войне такого масштаба, как нынешняя, в конце концов побеждает тот, кто этому закону следует. Нельзя безнаказанно идти против принципа единства всех людей как закона природы. Я употребляю здесь понятие «закон природы», как это теперь все больше входит в жизнь в области физико-химических наук как точно установленное эмпирическое обобщение.

Исторический процесс на наших глазах коренным образом меняется. Впервые в истории человечества интересы народных масс, с одной стороны, и свободной мысли личности – с другой, определяют жизнь человечества, являются мерилем его представлений о справедливости. Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос *о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого*. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть *ноосфера*.

В 1922–1923 гг. на лекциях в Сорбонне в Париже я принял как основу биосферы *биогеохимические явления*. Часть этих лекций была напечатана в моей книге «Очерки геохимии», которая впервые была издана на французском языке в 1924 г., а затем в 1926 г. – в русском переводе (18). Приняв установленную мною биогеохимическую основу биосферы за исходное, французский математик и философ бергсонианец *Е. Ле-Руа* в своих лекциях в Коллеж де Франс в Париже ввел в 1927 г. понятие ноосферы (19) как современной стадии, геологически переживаемой биосферой. Он подчеркивал при этом, что он пришел к такому представлению вместе со своим другом, крупнейшим геологом и палеонтологом *Тейьяром де Шарденом*, работающим теперь в Китае.

Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится *крупнейшей геологической силой*. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение наших внуков уже приблизится к их расцвету.

Здесь перед нами встала новая загадка. *Мысль не есть форма энергии*. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешен. Его поставил впервые, сколько я знаю, американский ученый, родившийся во Львове, математик и биофизик *Альфред Лотка* (20). Но решить его он не мог. Как правильно сказал некогда *Гёте* (1749–1832), не только великий поэт, но и великий ученый, в науке мы можем знать только, *как* произошло что-нибудь, а *не почему*. Что касается наступления ноосферы, то эмпирические результаты такого «непонятого» процесса мы видим

кругом нас на каждом шагу. Минералогическая редкость – самородное железо вырабатывается теперь в миллиардах тонн. Никогда не существовавший на нашей планете самородный алюминий производится теперь в любых количествах. То же самое имеет место по отношению к почти бесчисленному множеству вновь создаваемых на нашей планете искусственных химических соединений (биогенных «культурных» минералов). Масса таких искусственных минералов непрерывно возрастает. Все *стратегическое сырье* относится сюда. Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно, и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды. В результате роста человеческой культуры в XX в. все более резко стали меняться прибрежные моря и части океана. Человек должен теперь принимать все большие и большие меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства. Сверх того человеком создаются новые виды и расы животных и растений. В будущем нам рисуются как возможные сказочные мечтания: человек стремится выйти за пределы своей планеты в космическое пространство. И, вероятно, выйдет.

В настоящее время мы не можем не считаться с тем, что в переживаемой нами великой исторической трагедии мы интуитивно пошли по правильному пути, который отвечает ноосфере. Я говорю «интуитивно», поскольку вся история человечества развивается в этом направлении. Историк и государственный деятель только подходят к охвату явлений природы с этой точки зрения. Очень интересен в этом отношении подход к этой проблеме как историка и государственного деятеля *Уинстона Черчилля* (1932) (21).

Ноосфера – последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории – состояние наших дней. Ход этого процесса только начинает нам выясняться из изучения ее геологического прошлого в некоторых своих аспектах. Приведу несколько примеров. Пятьсот миллионов лет тому назад, в кембрийской геологической эре, впервые в биосфере появились богатые кальцием скелетные образования животных, а растений – больше двух миллиардов лет тому назад. Эта кальциевая функция живого вещества, ныне мощно развитая, была одной из важнейших эволюционных стадий геологического изменения биосферы (22). Не менее важное изменение биосферы произошло 70–110 млн лет тому назад, во время меловой системы, и особенно третичной. В эту эпоху впервые создались в биосфере наши зеленые леса, всем нам родные и близкие. Это другая большая эволюционная стадия, аналогичная ноосфере. Вероятно, в этих лесах эволюционным путем появился человек около 15–20 млн лет тому назад.

Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее – в новый стихийный геологический процесс – в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны. Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере. Можно смотреть поэтому на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим.

22 июля, Боровое – 15 декабря 1944, Москва

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Понятие «биосферы», т.е. «области жизни», введено было в биологию *Ламарком* (1744–1829) в Париже в начале XIX в., а в геологии *Зюссом* (1831–1914) в конце того же века. О биосфере см.: *В.И. Вернадский*. Очерки геохимии. 4-е изд., указатель. М.; Л., 1934; Биосфера. Л., 1926; фр. изд. – Париж, 1929.

2. Замечательный ученый, петербургский академик *Каспар Вольф* (1733–1794), всю свою жизнь отдавший России, хотя и не русский по рождению, ярко выразил связь между организмами и средой в книге, напечатанной по-немецки в Санкт-Петербурге в 1789 г. – в год Великой французской революции, под заглавием «Von d. eigenthüml. Kraft d. Vegetabl. Sowohl auch d. animal. Substanz als Erläuterung zu zwei Preisschriften über d. Nutritionskraft» (Об особенной и действенной силе, свойственной растительной и животной субстанциям). Он опирался на *Ньютона*, а не на *Декарта*, как огромное большинство биологов в его время.

К сожалению, до сих пор оставшиеся после Вольфа рукописи не изучены и не изданы. В 1927 г. Комиссией по истории знаний при Академии наук СССР эта задача была поставлена, но не доведена до конца из-за постоянных изменений подхода Академии наук к изучению истории научного знания. В настоящее время эта работа в Академии сведена к минимуму, что не приносит ничего, кроме вреда [8].

3. См. мою статью «Геологические оболочки Земли как планеты» (Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 6, 1942, с. 251). См. также: *H. Spenser Jones*. Life on Other Worlds. N.Y., 1940; *R. Wildt*, Proc. Amer. Philos. Soc., 81, 1939, p. 135.

Перевод последней книги, к сожалению неполный (что не оговорено), помещен в «Астрономическом журнале», 17, вып. 5, 1940, с. 81 и след. Сейчас вышла в свет новая книга Вильдта «Geochemistry and the atmosphere of Planets» (1942).

К сожалению, она до нас еще не дошла.

В Биогеохимической лаборатории Академии наук в Москве, ныне переименованной в Лабораторию геохимических проблем [9], в сотрудничестве с академическим же Институтом микробиологии (директор – чл.-кор. Академии наук *Б.Л. Исаченко*) мы поставили проблему о космической жизни еще в 1940 г. как текущую научную задачу. В связи с войной эта работа была приостановлена и будет возобновлена при первой возможности [10].

4. Следовало бы ее переиздать на русском языке с комментариями [11].

5. См. «Очерки геохимии» (с. 9, 288) и мою книгу «Проблемы биогеохимии», III (в печати) [12].

6. «Проблемы биогеохимии», III [12].

7. Слово «ноосфера» составлено из греческого «ноос» – разум и «сфера» в смысле оболочки Земли. Более детально я рассматриваю проблему ноосферы в 3-й части подготавливаемой для публикации книги «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения» [13].

8. Любопытно, что я столкнулся при этом с забытыми мыслями оригинального баварского химика *Х. Шенбейна* (1799–1868) и его друга, гениального английского физика *М. Фарадея* (1791–1867). В начале 1840-х годов *Шенбейн* печатно доказывал, что в геологии должна быть создана новая область – геохимия, как он ее тогда же назвал (см.: *В. Вернадский*. Очерки геохимии, 4-е изд. М.; Л., 1934, с. 14, 290).

9. О значении КЕПС см.: *А.Е. Ферсман*. Война и стратегическое сырье. Красноуфимск, 1941, с. 48.

10. См. мою статью «Из воспоминаний: первый год Украинской Академии наук», которая готовится к печати в юбилейном сборнике, посвященном 25-летию Украинской Академии наук [14].

11. Криптозойской эрой я называю, согласно современным американским геологам, например *Карлу Шухерту* (*C. Shuchert and C. Dunbor*. A. Textbook of geology. Pt II. N.Y., 1941, p. 88), тот период, который назывался раньше азойской или археозойской эрой. В криптозойской эре морфологическая сохранность остатков организмов сходит почти на нет, и они отличаются от кембрия, но существование жизни здесь проявляется в виде органогенных пород, происхождение которых не вызывает ни малейших сомнений.

12. Биокосные тела – см.: *В.И. Вернадский*. Problems of Biogeochemistry, II. Trans. Conn. Academ. Arts. Sci. Vol. 35 (1944), p. 493. Таковы, например, почва, океан, огромное большинство земных вод, тропосфера и т.п.

13. Этот вопрос сейчас требует экспериментальной проверки. Проблема эта поставлена нами в план работ 1944 г. совместно с Палеонтологическим институтом Академии наук [15].

14. См. основную мою работу, указанную в примеч. 7.

15. Нельзя здесь не отметить, что экспедиция, во время которой *Дана* пришел к своим выводам о цефализации, о коралловых островах и т.д., фактически исторически тесно связана с исследованиями Тихого океана – океаническими путешествиями русских моряков, главным образом *Крузенштерна* (1770–1846). См.: *D. Cilman. The life of J.D. Dana. N.Y., 1889.* Глава об экспедиции написана в этой книге *Ле-Контом*. Работы *Ле-Коиуна* «Evolution», 1888 г., я не имел в руках. Он считал это главным своим трудом. О «психозойской эре» он указывает в своей книге «Elements of geology» (5-th. ed., 1915, p. 293, 629). Его автобиография издана в 1903 г.: *W. Armes (Ed.) The Autobiography of Josel Leconte.* Биография и список трудов – см.: *H. Fairchild. Bull. Geol. Soc. America, 26, 1915, p. 53.*

Именно эти отчеты о путешествиях русских, изданные на немецком языке, заставили американца *Джона Рейнольдса* (адвоката) добиться организации такой же американской первой морской научной экспедиции. Он начал добиваться этого в 1827 г., когда появилось описание экспедиции *Крузенштерна* на немецком языке. Только в 1838 г., через одиннадцать лет, благодаря его настойчивости эта экспедиция состоялась. Это была экспедиция *Уилькиса (Wilkes)*, окончательно доказавшая существование Антарктики.

О Рейнольдсе см. указатель юбилейного издания «Centenary Celebration the Wilkes Exploring Expedition of the Unit. Stat. Navy 1838–1842» (Proc. Amer. Philos. Soc. 1940, 82, п. 5).

К сожалению, наши экспедиции первой половины XIX столетия в Тихом океане надолго прекратились – почти до самой революции – после императора *Александра I* (1777–1825) и графа *Н.П. Румянцева* (1754–1826), замечательного русского культурного деятеля, который на свой счет снарядил экспедицию на «Рюрик» (1815–1818). В советское время можно назвать экспедицию *К.М. Дерюгина* (1878–1936), драгоценные и научно важные материалы которой до сих пор только частью обработаны и совершенно не изданы. Они должны быть закончены [16]. Такое отношение к работе недопустимо. Зоологический институт Академии наук СССР должен исполнить этот свой научно-гражданский долг.

16. *D. Gilman, 1. c., p. 255.*

17. Я и мои современники незаметно пережили резкое изменение в понимании окружающего нас мира. В молодости как мне, так и другим казалось – и мы в этом не сомневались, – что человек переживает только историческое время – в пределах немногих тысяч лет, в крайнем случае десятков тысяч лет. Сейчас мы знаем, что человек сознательно переживал десятки миллионов лет. Он пережил сознательно ледниковый период Евразии и Северной Америки, образование Восточных Гималаев и т.д. Деление на историческое и геологическое время для нас сейчас сглаживается.

18. В 1934 г. вышло последнее переработанное издание «Очерков геохимии [17]. В 1926 г. появилось русское издание «Биосферы», в 1929 г. – ее французское издание [18]. В 1940 г. вышли мои «Биохимические очерки» (сокращенный перевод на английский язык II части опубликован под редакцией *Дж.Э. Хатчинсона* в «Trans. Conn. Acad. Arts Sci» Vol. 35, 1944 [19], а с 1934 г. выходят в свет «Проблемы биогеохимии». Третий выпуск «Проблем биогеохимии» сдан в печать в этом году [20]. «Очерки геохимии» переведены на немецкий и японский языки.

19. Лекции *Ле-Пуа* вышли тогда же по-французски в виде книги: *E. le Roy. L'exigence idéaliste et le fai d'évolution. P., 1927, p. 196.*

20. *A. Lotka. Elements of physical biology. Balt., 1925, p. 406, foll.*

21. *W.S. Churchill. Amid these storms. Thoughts and adventures. 1932, p. 274.*

Я вернусь к этому вопросу в другом месте [21].

22. Вопрос о биогеохимических функциях организма я излагаю во второй части своей книги «О химическом строении биосферы» (см. примеч. 7).

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О НООСФЕРЕ

1. Мы приближаемся к решающему моменту во второй мировой войне. Она возобновилась в Европе после 21- годового перерыва, в 1939 г., и длится в Западной Европе пять лет, а у нас, в Восточной Европе, три года. На Дальнем Востоке она возобновилась раньше – в 1931 г. – и длится уже 13 лет.

В истории человечества и в биосфере вообще война такой мощности, длительности и силы – *небывалое явление*. К тому же ей предшествовала тесно с ней связанная причинно, но значительно менее мощная первая мировая война с 1914 по 1918 г.

В нашей стране эта первая мировая война привела к новой – исторически небывалой – *форме государственности* не только в области экономической, но и в области национальных стремлений.

С точки зрения натуралиста (а думаю, и историка) можно и должно рассматривать исторические явления такой мощности как единый большой земной *геологический*, а не только *исторический* процесс.

Первая мировая война 1914–1918 гг. лично в моей научной работе отразилась самым решающим образом. Она изменила в корне мое *геологическое миропонимание*.

В атмосфере этой войны я подошел в геологии к новому для меня и для других и тогда забытому пониманию природы – к геохимическому и к биогеохимическому, охватывающему и косную, и живую природу с одной и той же точки зрения [2].

2. Я провел годы первой мировой войны в непрерывной научно-творческой работе; неуклонно продолжаю ее в том же направлении и до сих пор.

28 лет назад, в 1915 г., в Российской академии наук в Петрограде была образована академическая «Комиссия по изучению производительных сил» нашей страны, так называемый КЕПС (председателем которого я был), сыгравшая заметную роль в критическое время первой мировой войны. Ибо для Академии наук совершенно неожиданно в разгаре войны выяснилось, что в царской России не было точных данных о так называемом теперь стратегическом сырье, и нам пришлось быстро сводить воедино рассеянные данные и быстро покрывать недочеты нашего знания [3].

Подходя геохимически и биогеохимически к изучению геологических явлений, мы охватываем всю окружающую нас природу в одном и том же атомном аспекте. Это как раз – бессознательно для меня – совпало с тем, что, как оказалось теперь, характеризует науку XX в. и отличает ее от прошлых веков. XX век есть век научного атомизма.

Все эти годы, где бы я ни был, я был охвачен мыслью о геохимических и биогеохимических проявлениях в окружающей меня природе (в биосфере). Наблюдая ее, я в то же время направил интенсивно и систематически в эту сторону и свое чтение, и свое размышление.

Получаемые мною результаты я излагал постепенно, как они складывались, в виде лекций и докладов в тех городах, где мне пришлось в то время жить: в Ялте, в Полтаве, в Киеве, в Симферополе, в Новороссийске, в Ростове и других.

Кроме того, всюду – почти во всех городах, где мне пришлось жить, – я читал все, что можно было в этом аспекте, в широком его понимании, достать.

Стоя на эмпирической почве, я оставил в стороне, сколько был в состоянии, всякие философские искания и старался опираться только на точно установленные научные и эмпирические факты и обобщения, изредка допуская рабочие научные гипотезы. Это надо иметь в виду в дальнейшем.

В связи со всем этим в явления жизни я ввел вместо понятия «жизнь» понятие «живого вещества», сейчас, мне кажется, прочно утвердившееся в

науке. «Живое вещество» есть совокупность живых организмов. Это не что иное, как научное, эмпирическое обобщение всем известных и легко и точно наблюдаемых бесчисленных, эмпирически бесспорных фактов.

Понятие «жизнь» всегда выходит за пределы понятия «живое вещество» в области философии, фольклора, религии, художественного творчества. Это все отпало в «живом веществе».

3. В гуще, в интенсивности и в сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с биосферой – с определенной частью планеты, на которой они живут. Они геологически закономерно связаны с ее материально-энергетической структурой.

В общезнании обычно говорят о человеке как о свободно живущем и передвигающемся на нашей планете индивидууме, который свободно строит свою историю. До сих пор историки, вообще ученые гуманитарных наук, а в известной мере и биологи, сознательно не считаются с законами природы биосферы – той земной оболочкой, где может только существовать жизнь. Стихийно человек от нее неотделим. И эта неразрывность только теперь начинает перед нами точно выясняться.

В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны – прежде всего питанием и дыханием – с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее в природных условиях они существовать не могут.

Замечательный петербургский академик, всю свою жизнь отдавший России, Каспар Вольф (1733–1794) в год Великой французской революции (1789) ярко выразил это в книге, напечатанной по-немецки в Петербурге, – «Об особенной и действенной силе, свойственной растительной и животной субстанциям» [4]. Он опирался на Ньютона, а не на Декарта, как огромное большинство биологов в его время.

4. Человечество как живое вещество неразрывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки Земли – с ее биосферой [5]. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту.

Понятие «биосферы», т.е. «области жизни», введено было в биологию Ламарком (1744–1829) в Париже в начале XIX в., а в геологию Э. Зюссом (1831–1914) в Вене в конце того же века.

В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание. Она выявляется как *планетное явление космического характера*.

В биогеохимии нам приходится считаться с тем, что жизнь (живые организмы) реально существует не только на одной нашей планете, не только в земной биосфере. Это установлено сейчас, мне кажется, без сомнений пока для всех так называемых земных планет, т.е. для Венеры, Земли и Марса [6].

5. В Биогеохимической лаборатории Академии наук в Москве, ныне переименованной в Лабораторию геохимических проблем, в сотрудничестве с академическим же Институтом микробиологии (директор – член-корр. Академии наук Б.Л. Исаченко) мы поставили проблему *о космической жизни* еще в 1940 г. как текущую научную задачу [7]. В связи с военными событиями эта работа была приостановлена и будет возобновлена при первой возможности.

В архивах науки, в том числе и нашей, мысль о жизни как о *космическом* явлении существовала уже давно. Столетия назад, в конце XVII в. голландский ученый Христиан Гюйгенс (1629–1695) в своей предсмертной работе, в книге “Космотеорос”, вышедшей в свет уже после его смерти, научно выдвинул эту проблему. Книга эта была дважды, по инициативе Петра I, издана на русском языке под заглавием «Книга мирозрения» в первой четверти XVIII в. [8]. Гюйгенс в ней установил научное обобщение, что «жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи». Это обобщение я назвал недавно «принципом Гюйгенса» [9].

Живое вещество по весу составляет ничтожную часть планеты. По-видимому, это наблюдается в течение всего геологического времени, т.е. геологически вечно [10].

Оно сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной, пленке на поверхности суши в тропосфере – в лесах и в полях – и проникает весь океан. Количество его исчисляется долями, не превышающими десятых долей процента биосферы по весу, порядка, близкого к 0,25%. На суше оно идет не в сплошных скоплениях на глубину в среднем, вероятно, меньше 3 км. Вне биосферы его нет.

В ходе геологического времени оно закономерно изменяется морфологически. История живого вещества в ходе времени выражается в медленном изменении форм жизни, форм живых организмов, генетически между собой непрерывно связанных, от одного поколения к другому, без перерыва.

Веками эта мысль поднималась в научных исканиях; в 1859 г. она, наконец, получила прочное обоснование в великих достижениях Ч. Дарвина (1809–1882) и А. Уоллеса (1822–1913). Она вылилась в учение об эволюции видов – растений и животных, в том числе и человека.

Эволюционный процесс присущ только живому веществу. В косном веществе нашей планеты нет его проявлений. Те же самые минералы и горные породы образовывались в криптозойской эре [11], какие образуются и теперь. Исключением являются биокосные природные тела [12], всегда связанные так или иначе с живым веществом.

Изменение морфологического строения живого вещества, наблюдаемое в процессе эволюции, в ходе геологического времени, неизбежно приводит к изменению его химического состава. Этот вопрос сейчас требует экспериментальной проверки. Проблема эта поставлена нами в план работ 1944 г. совместно с Палеонтологическим институтом Академии наук.

6. Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массами биосферы, то биогенные породы (т.е. созданные живым веществом) составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы.

Учитывая явления метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер [13]. В замечательной по многим мыслям книге Ламарка «Hydrogéologie» (1802) живое вещество, как я его понимаю, являлось создателем главных горных пород нашей планеты. Ж.Б. Ламарк де-Монне (1744–1829) до самой смерти не принимал открытий Лавуазье (1743–1794). Но другой крупнейший химик – Ж.Б. Дюма, его младший современник (1800–1884), много занимавшийся химией живого вещества, долго держался представлений о количественном значении живого вещества в строении горных пород биосферы.

7. Младшие современники Ч. Дарвина – Д.Д. Дана (1813–1895) и Д. Ле Конт (1823–1901), два крупнейших североамериканских геолога (а Дана к тому же минералог и биолог), – выявили еще до 1859 г. эмпирическое обобщение, которое показывает, что эволюция живого вещества идет в определенном направлении.

Это явление было названо Дана «цефализацией», а Ле Контом «психозойской эрой». Д.Д. Дана, подобно Дарвину, пришел к этой мысли, к этому пониманию живой природы во время своего кругосветного путешествия, которое он начал через два года после возвращения в Лондон Ч. Дарвина, т.е. в 1838 г., и которое продолжалось до 1842 г.

Нельзя здесь не отметить, что экспедиция, во время которой Дана пришел к своим выводам о цефализации, о коралловых островах и т.д., фактически исторически тесно связана с исследованиями Тихого океана – океаническими путешествиями русских моряков, главным образом Крузенштерна (1770–1846). Изданные на немецком языке, они заставили американца Джона Рейнольдса (адвоката) добиваться организации такой же американской первой морской научной экспедиции. Он начал добиваться этого в 1827 г., когда появилось описание экспедиции Крузенштерна на немецком языке [14]. Только в 1838 г., через одиннадцать лет, благодаря его настойчивости, эта экспедиция состоялась. Это была экспедиция Уилькиса (Wilkes), окончательно доказавшая существование Антарктики [15].

8. Эмпирические представления о направленности эволюционного процесса – без попыток теоретически их обосновать – идут глубже, в XVIII в. Уже Бюффон (1707–1788) говорил о царстве человека, в котором он живет, основываясь на геологическом значении человека.

Эволюционная идея была ему чужда. Она была чужда и Л. Агассицу (1807–1873), введшему в науку идею о ледниковом периоде. Агассиц жил уже в эпоху бурного расцвета геологии. Он считал, что геологически наступило царство человека, но из богословских представлений высказывался против эволюционной теории. Ле Конт указывает, что Дана, стоявший раньше на точке зрения, близкой к Агассицу, в последние годы жизни принял идею эволюции в ее тогда обычном, дарвиновском, понимании [16]. Разница между представлениями о «психозойской эре» Ле Конта и «цефализацией» Дана исчезла.

К сожалению, в нашей стране особенно, это крупное эмпирическое обобщение до сих пор остается вне кругозора биологов.

Правильность принципа Дана (психозойская эра Ле Конта), который оказался вне кругозора наших палеонтологов, может быть легко проверена теми, кто захочет это сделать, по любому современному курсу палеонтологии. Он охватывает не только все животное царство, но ярко проявляется и в отдельных типах животных.

Дана указал, что в ходе геологического времени, говоря современным языком, т.е. на протяжении двух миллиардов лет, по крайней мере, а наверное много больше, наблюдается (скачками) усовершенствование – рост – центральной нервной системы (мозга), начиная от ракообразных, на которых эмпирически и установил свой принцип Дана, и от моллюсков (головноногих) и кончая человеком. Это явление и названо им цефализацией. Раз достигнутый уровень мозга (центральной нервной системы) в достигнутой эволюции не идет уже вспять, только вперед.

9. Исходя из геологической роли человека, А.П. Павлов (1854–1929) в последние годы своей жизни говорил об антропогенной эре, нами теперь переживаемой. Он не учитывал возможности тех разрушений духовных и материальных ценностей, которые мы сейчас переживаем вследствие варварского нашествия немцев и их союзников, через десять с небольшим лет после его смерти, но он правильно подчеркнул, что человек на наших глазах становится могучей геологической силой, все растущей.

Эта геологическая сила сложилась геологически длительно, для человека совершенно незаметно. С этим совпало изменение (материальное прежде всего) положения человека на нашей планете.

В XX в. впервые в истории Земли человек узнал и охватил всю биосферу, закончил географическую карту планеты Земля, расселился по всей ее поверхности. Человечество своей жизнью стало единым целым. Нет ни одного клочка Земли, где бы человек не мог прожить, если бы это было ему нужно. Наше пребывание в 1937–1938 гг. на плавучих льдах Северного полюса это ярко доказало. И одновременно с этим благодаря мощной технике и успехам научного мышления, благодаря радио и телевидению человек может мгновенно говорить в любой точке нашей планеты с кем угодно. Перелеты и перевозки достигли скорости нескольких сотен километров в час, и на этом они еще не остановились.

Все это результат цефализации Дана (1856), роста человеческого мозга и направляемого им его труда.

В ярком образе экономист Л. Брентано иллюстрировал планетную значимость этого явления. Он подсчитал, что если бы каждому человеку дать один квадратный метр и поставить всех людей рядом, они не заняли бы даже всей площади маленького Боденского озера на границе Баварии и Швейцарии. Остальная поверхность Земли осталась бы пустой от человека. Таким образом, все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом его трудом.

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

10. Геологический эволюционный процесс отвечает биологическому единству и равенству всех людей – *Homo sapiens* и его геологических предков Стаптгорик и др., потомство которых для белых, красных, желтых и черных рас – любым образом среди них всех – развивается безостановочно в бесчисленных поколениях. Это закон природы. Все расы между собой скрещиваются и дают плодовитое потомство [17].

В историческом состязании, например в войне такого масштаба, как нынешняя, в конце концов побеждает тот, кто этому закону следует. Нельзя безнаказанно идти против принципа единства всех людей как закона природы. Я употребляю здесь понятие «закон природы», как это теперь все больше входит в жизнь в области физико-химических наук как точно установленное эмпирическое обобщение.

Исторический процесс на наших глазах коренным образом меняется. Впервые в истории человечества интересы народных масс – всех и каждого – и свободной мысли личности определяют жизнь человечества, являются

мерилом его представлений о справедливости. Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого.

Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть «ноосфера».

11. В 1922–1923 гг. на лекциях в Сорбонне в Париже я принял как основу биосферы биогеохимические явления. Часть этих лекций была напечатана в моей книге «Очерки геохимии» [18].

Приняв установленную мною биогеохимическую основу биосферы за исходное, французский математик и философ бергсонист Э. Леруа в своих лекциях в Коллеж де Франс в Париже ввел в 1927 г. понятие «ноосферы» [19] как современной стадии, геологически переживаемой биосферой. Он подчеркивал при этом, что он пришел к такому представлению вместе со своим другом, крупнейшим геологом и палеонтологом Тейяром де Шарденом, работающим теперь в Китае [20].

12. Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом, по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И, может быть, поколение моей внучки уже приблизится к их расцвету.

Здесь перед нами встала новая загадка. Мысль не есть форма энергии. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешен. Его поставил впервые, сколько я знаю, американский ученый, родившийся во Львове, математик и биофизик Альфред Лотка [21]. Но решить его он не мог.

Как правильно сказал некогда Гёте (1749–1832), не только великий поэт, но и великий ученый, в науке мы можем знать только, *как* произошло что-нибудь, а не *почему* и *для чего*.

Эмпирические результаты такого «непонятного» процесса мы видим кругом нас на каждом шагу.

Минералогическая редкость – самородное железо – вырабатывается теперь в миллиардах тонн. Никогда не существовавший на нашей планете самородный алюминий производится теперь в любых количествах. То же самое имеет место по отношению к почти бесчисленному множеству вновь создаваемых на нашей планете искусственных химических соединений (биогенных культурных минералов). Масса таких искусственных минералов непрерывно возрастает. Все стратегическое сырье относится сюда.

Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды.

В результате роста человеческой культуры в XX в. все более резко стали меняться (химически и биологически) прибрежные моря и части океана.

Человек должен теперь принимать все большие и большие меры к тому, чтобы сохранить для будущих поколений никому не принадлежащие морские богатства.

Сверх того человеком создаются новые виды и расы животных и растений.

В будущем нам рисуются как возможные сказочные мечтания: человек стремится выйти за пределы своей планеты в космическое пространство. И, вероятно, выйдет.

В настоящее время мы не можем не считаться с тем, что в переживаемой нами великой исторической трагедии мы пошли по правильному пути, который отвечает ноосфере.

Историк и государственный деятель только подходят к охвату явлений природы с этой точки зрения. Очень интересен в этом отношении подход к этой проблеме как историка и государственного деятеля Уинстона С. Черчилля (1932) [22].

13. Ноосфера – последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории – состояние наших дней. Ход этого процесса только начинает нам выясняться из изучения ее геологического прошлого в некоторых своих аспектах.

Приведу несколько примеров. Пятьсот миллионов лет тому назад, в кембрийской геологической эре, впервые в биосфере появились богатые кальцием скелетные образования животных, а растений – больше двух миллиардов лет тому назад. Эта кальциевая функция живого вещества, ныне мощно развитая, – была одной из важнейших эволюционных стадий геологического изменения биосферы [23].

Не менее важное изменение биосферы произошло 70–110 млн лет тому назад, во время меловой системы и особенно третичной. В эту эпоху впервые создались в биосфере наши зеленые леса, всем нам родные и близкие. Это другая большая эволюционная стадия, аналогичная ноосфере. Вероятно, в этих лесах эволюционным путем появился человек около 15–20 млн лет тому назад.

Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу. Мы вступаем в нее – в новый стихийный геологический процесс – в грозное время, в эпоху разрушительной мировой войны.

Но важен для нас факт, что идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере.

Можно смотреть поэтому на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. К этой работе, опубликованной в 1944 г. в журнале «Успехи современной биологии» (Т. XVIII, вып. 2. С. 113–120), автор дал следующее примечание: «В третьей части моей подготавливаемой к печати книги «Химическое строение биосферы Земли как планеты и ее окружения» я касаюсь вопроса о ноосфере более подробно». Однако В.И. Вернадский не успел осуществить это намерение, в связи с чем мы сочли возможным включить вместо главы XXI данную статью (*примеч. ред.*).

2. Любопытно, что я столкнулся при этом с забытыми мыслями оригинального баварского химика Х. Шейнбейна (1799–1868) и его друга, гениального английского физика М. Фарадея (1791–1867). В начале 1840-х годов Шейнбейн печатно доказывал, что в геологии должна быть создана новая область – геохимия, как он ее тогда же назвал (см.: *Вернадский В.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. С. 14, 290).

3. О значении КЕПС см.: *Ферсман А.Е.* Война и стратегическое сырье. Красноуфимск, 1941. С. 48.

4. *Wolf C.* Von d. eigenthüml. Kraft d. vegetabl., sowohl auch d. animal. Substanz als Erläuterung zwei Preisschriften über d. Nutriionskraft. Pet., 1789. К сожалению, до сих пор оставшиеся после К. Вольфа рукописи не изучены и не изданы. В 1927 г. Комиссией по истории знаний при Академии наук СССР эта задача была поставлена, но не могла быть доведена до конца.

5. О биосфере см.: *Вернадский В.* Очерки геохимии. 4-е изд. М., 1934. Указатель; Биосфера. Л., 1926; *La biosphère.* P., 1929.

6. См. мою статью: О геологических оболочках Земли как планеты // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1942. № 6. С. 251. См. также: *Spenser H.J.* Life on other worlds. N.Y., 1940; *Wildt R.* // Proc. Amer. Philos. Soc. 1939. Vol. 81. P. 135. Перевод последней книги, к сожалению неполный (что не оговорено), помещен в нашем «Астрономическом журнале» (1940. Т. 17, вып. 5. С. 81 и сл.). Сейчас вышла в свет новая книга Вильдта «*Geochemistry and the atmosphere of Planets*» (1942). К сожалению, она еще до нас не дошла.

7. См. мою статью «О геологических оболочках Земли как планеты» (примеч. 6).

8. Следовало бы ее переиздать на русском языке с комментариями.

9. См. «Очерки геохимии» (с. 9 и 288) и книжку: Проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1980. Вып. 3. С. 86–164. (Тр. биогеохим. лаб.; Т. 16).

10. То же.

11. Криптозойской эрой я называю, согласно современным американским геологам, например Карлу Шухерту, умершему в 1942 г. (*Schuchert Ch., Dunber S.* A textbook of geology. N.Y., 1941. Pt. II. P. 88), тот период, который назывался раньше азойской или археозойской эрой (т.е. безжизненной или древнежизненной). В криптозойской эре морфологическая сохранность остатков организмов сходит почти на нет и они отличаются от кембрия, но существование жизни здесь проявляется в виде органогенных пород, происхождение которых не вызывает ни малейших сомнений.

12. Биокосные тела см.: *Вернадский В.* Проблемы биогеохимии. М. Л., 1939. Вып. 2. С. 11. Таковы, например, почва, океан, огромное большинство земных вод, тропосфера и т.п.

13. См. основную мою работу, указанную в примеч. 1.

14. См.: *Cilman D.* The life of J.D. Dana, N.Y., 1889. Глава об экспедиции написана в этой книге Ле Контом. Работы Ле Конта «*Evolution*» 1888 г. я не имел в руках. Он считал это главным своим трудом. О «психозойской эре» он указывает в своей книге: *Elements of geology.* 5ed. 1915. С. 293, 629. Его автобиография издана в 1903 г.: *Armes W.* (Ed.). The autobiography of Josef Leconte. Биография и список трудов см.: *Fairchild H.* // Bull. Geol. Soc. Amer. 1915. Vol. 26. P. 53.

15. О Рейнольдсе см. указатель юбилейного издания «*Centenary celebration the Wilkes exploring expedition of the United States Navy, 1838–1938*» (Proc. Amer. Philos. Soc. 1940. Vol. 82, N 5). К сожалению, наши экспедиции первой половины XIX столетия в Тихом океане надолго прекратились – почти до самой революции – после Александра I и графа Н.П. Румянцева (1754–1826), замечательного русского культурного деятеля, который на свой счет снарядил экспедицию на «Рюрик» (1815–1818). В советское время можно назвать экспедицию К.М. Дерюгина (1878–1936), драгоценные и научно важные материалы которой до сих пор только обработаны и совершенно не изданы. Они должны быть закончены. Такое отношение к работе не допустимо. Зоологический институт Академии наук СССР должен исполнить свой научно-гражданский долг.

16. *Gilman D.* Op. cit. P. 255.

17. Я и мои современники незаметно пережили резкое изменение в понимании окружающего нас мира. В молодости как мне, так и другим казалось – и мы в этом не сомневались, – что человек переживает только историческое время – в пределах немногих тысяч лет, в крайнем случае десятков тысяч лет. Сейчас мы знаем, что человек сознательно переживал десятки миллионов лет. Он пережил сознательно ледниковый период Евразии и Северной Америки, образование Восточных Гималаев и т.д. Деление на историческое и геологическое время для нас сейчас сглаживается.

18. В 1934 г. вышло последнее переработанное издание «Очерков геохимии». В 1926 г. появилось русское издание «Биосферы», в 1929 г. – ее французское издание. В 1940 г. вышли мои «Биогеохимические очерки», а с 1934 г. выходят в свет «Проблемы биогеохимии». Третий выпуск «Проблем биогеохимии» сдан в печать в этом году. «Очерки геохимии» переведены на немецкий и японский языки.

19. Слово «ноосфера» составлено из греческого «ноос» – разум и «сфера» в смысле оболочки Земли. Лекции Леруа вышли тогда же по-французски в виде книги: *Le Roy E. L'exigence idéaliste et le fait d'évolution*. P., 1927. P. 196.

20. Пьер Тейяр де Шарден умер в 1955 г. в Америке.

21. *Lotka A. Elements of physical biology*. Baltimore, 1925. P. 406, foll.

22. *Churchill W.S. A mid these storms: Thoughts and adventures*. 1932. P. 274. Я вернусь к этому вопросу в другом месте.

23. Вопрос о биогеохимических функциях организма я излагаю во второй части своей книги «О химическом строении биосферы» (см. примеч. 1) (см. гл. XX настоящего издания. – *Ред.*).

СТАТЬИ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ БИОСФЕРЫ

О КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИЯ ЖИВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ*

Поставленные нами в Государственном Радиовом институте в Биогеохимической лаборатории определения радиоактивности организмов, произведенные Б.К. Бруновским¹, установили концентрацию радия растительными и животными организмами из окружающей их среды в течение их жизни.

Это может считаться доказанным для водных организмов и установлено для двух видов ряски – *Lemna minor* и *Lemna polyrrhyza*.

Плавающие водные растения, как ряска, могут брать радий только из воды в которой они живут. Отношение количественного содержания радия в воде к такому же содержанию радия в живом растении (содержащем обычно более 90% воды) дает меру концентрации радия во время жизни организма, если она происходит. Определения Б.К. Бруновского дали положительный ответ на этот вопрос.

Вода из Оранжерейного пруда в Петергофе (в Петергофском научном биологическом институте) дала следующие содержания радия [%]:

Вода, взятая в 1927 г.,	поверхностная проба	$6,8 \times 10^{-13}$
» » »	глубинная проба	$8,8 \times 10^{-13}$
» » в 1928 г.,	поверхностная проба	$6,8 \times 10^{-13}$

Живущая в этом пруду ряска имела следующие содержания радия [%]:

Ряска 1927 г. – смесь <i>Lemna minor</i> и <i>Lemna polyrrhyza</i>	$3,9 \times 10^{-11}$
» 1928 г. – <i>Lemna minor</i>	$9,4 \times 10^{-12}$
	92,10% воды
» » – <i>Lemna polyrrhyza</i>	$3,1 \times 10^{-11}$
	91,15% воды

В предельном случае содержание радия в живом организме (содержащем более 90% воды) в 56,5 раз больше количества его в воде.

Несомненно, организм не концентрирует радий случайно. Дальнейшие исследования должны выяснить этот вопрос. Здесь же я отмечу только, что различные виды ряски берут в одном и том же биоценозе из окружающей среды различные количества радия. Это содержание, как и нахождение всех химических элементов в организме, должно быть видовым признаком².

* Доклад, прочитанный в Отделении физико-математических наук АН СССР 16 января 1929 г. Опубликован в: Докл. АН СССР. Сер. А. 1929. № 2. С. 33–34. (Сокращенный вариант).

¹ Работа Б.К. Бруновского печатается в томе 1 «Трудов Биогеохимической лаборатории академии наук». В ней приведены все данные и литература.

² См.: мою статью, печатающуюся в томе 1 «Трудов Биогеохимической лаборатории».

Определения Б.К. Бруновским радия в наземных растениях и в водных животных дали те же концентрации (порядка $10^{-11}\%$) для живых организмов. Это количества, отвечающие количеству радия в массивных породах (средних и основных) и во много превышающие его количества в вадозных пресных и соленых водах биосферы.

Это последнее обстоятельство ставит перед нами новую проблему, к изучению которой мы приступили.

Для наземных растений Б.К. Бруновский получил следующие числа ([содержание Ra, %] на живое растение):

Melampyrum nemorosum L.	$3,53 \times 10^{-11}$
Rumex obtusifolius L.	$1,70 \times 10^{-11}$
Stellaria holostea L.	$1,73 \times 10^{-11}$
Vaccinium Myrtillus L. (черника)	$2,23 \times 10^{-11}$

Первые три растения взяты в Петергофе; черника в Детском селе. Растения могут брать радий только из *почвенных растворов*. Определения радия для почвенных растворов мне неизвестны – опыты над его в них нахождением мы ставим. *Концентрируют ли наземные растения радий по сравнению с почвенными растворами?* Это покажет опыт. Почвы обладают радиоактивностью (на Ra) большего или того же порядка, что и изученные в нашем Институте растения. В них обычно 10^{-10} – $10^{-11}\%$ радия. Но, очевидно, нельзя сравнивать содержание радия в наземных растениях с содержанием радия в почвах, ибо только небольшая часть радия почв доступна живущим в почвах организмам.

Выясняется в геохимии радия в биосфере следующий общий процесс: *радий из водных растворов поступает в водные организмы – растительные и животные; при этом наблюдается значительная – в десятки раз – его концентрация. Из водных же растворов (почвенных) он поступает в наземные растения и из них (через пищу) и из питьевой воды в наземные животные.*

Очевидно, концентрация радия живым веществом биосферы должна существенным образом влиять на энергетику биосферы и организмов.

Мы ставим сейчас работы над нахождением в живых организмах урана и тория.

О КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНИЗМАМИ*

1. Представляя статью Б.К. Бруновского и К.Г. Кунашевой¹ о нахождении радия в живых растениях, считаю необходимым сделать несколько дополнительных к ней замечаний.

Эта работа является продолжением работы Б.К. Бруновского, числа которого были мною сообщены в прошлом году.

* Доклад, прочитанный в Отделении физико-математических наук АН СССР 25 мая 1930 г. Опубликован в: Докл. АН СССР. 1930. № 20. С. 539–542.

¹ Б.К. Бруновский, К.Г. Кунашева. О содержании радия в некоторых растениях. Докл. АН СССР. Сер. А, 1930, № 20, с. 537.

Им было тогда определено содержание радия для разных видов рода *Lemna* и для воды прудов, где они живут, причем оказалось, что живое растение концентрирует радия больше, чем в 40 раз по сравнению с водой¹.

В связи с другой работой, производящейся в Радиовом институте, явилось – уже после отпечатания моего сообщения – сомнение о заражении радием всего помещения института, и потому вся работа по определению радиоактивных элементов в живых организмах была перенесена в другое помещение вне института, предоставленное Академией наук.

Сомнения подтвердились² и ранее опубликованные числа оказались неверными – но само явление осталось неизменным: сохранилась та же концентрация радия ряской урожая 1926 г. – в 40 раз больше по сравнению с водой, т.е. вода и ряска оказались одинаково зараженными радием и числа уменьшились в одинаковой степени в обоих случаях. Однако одновременно произведенное определение радия в другом сборе ряски (в 1929 г.) и воды, в тех же Петергофских прудах, дало значительно меньшую концентрацию ряской радия.

Производящиеся сейчас исследования позволяют выснить, в чем тут дело.

2. Из измерений Б.К. Бруновского и К.Г. Кунашевой видно, что другие виды ряски – *Lemna gibba* L. и *L. triculca* L. в прудах около Киева дают другие, гораздо большие концентрации радия.

Так как *Lemna minor* (с примесью *L. polyrrhiza*) Петергофских прудов эта концентрация достигает 13,7–47 раз – для *L. gibba* и *L. trisulca* из окрестностей Киева – от 200 до 477 по крайней мере. Для киевских прудов мы подошли к случаю (для *L. trisulca*), когда ряска содержит радий ($9,75 \times 10^{-12}\%$), а вода не дает возможности его определить, т.е. содержит его меньше $2 \times 10^{-14}\%$. Происходящая сейчас работа выяснит – имеем ли мы здесь дело с чисто биологическим фактом – влиянием данного *вида* растений, или же биолого-геохимическим – разным характером воды и физико-географических условий.

Первое допущение кажется более вероятным, ибо, как это вытекает из происходящих сейчас в Биогеохимической лаборатории исследований, химический состав видов рясок индивидуален и различен в частности *L. gibba* дает очень значительные отличия.

3. Определение концентрации радия организмами ставит сейчас проблемы, частью биологического, частью геохимического характера.

Геохимически выдвигается вопрос о равновесии «радий – живые организмы в водной среде».

Необходимо иметь в виду, что концентрация в наших опытах относится к живому растению, содержащему около и больше 90% воды. Сухое вещество или зола являются соответственно более богатыми радием, но для выяснения указанного выше равновесия все преимущества имеет выбранный здесь способ обозначения концентрации.

Концентрация радия из водных растворов живущими в них организмами должна обратить особое наше внимание, так как раствор радия в воде отличается от обычного раствора тем, что каждый атом радия является источником

¹ В.И. Вернадский. О концентрации радия живыми организмами. Докл. АН СССР. Сер. А, 1929, № 2, с. 33.

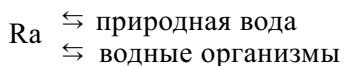
² Б.К. Бруновский. О концентрации радиоактивности в живых организмах. Тр. Биогеохим. лаб., 1, 1930, с. 76.

энергии и разлагает молекулы воды на O_2 и H_2 . Если радий изымается организмами из воды, эта реакция в воде прекращается.

Случай с киевской *L. trisulca* интересен с этой точки зрения – он показывает, что радий собирается в организмах, а в воде нельзя найти его при современной точности наших измерений. Здесь повторяется явление, которое констатировано для других химических элементов водных бассейнов, например по Готье¹ иод, не связанный с организмами, отсутствует (т.е. не обнаруживается при точности нашей методики) в верхних слоях Средиземного моря, марганец не обнаруживается в морской воде, хотя, несомненно, там существует и собирается организмами², фосфор нацело (в этом понимании) извлекается в период цветения планктона в море³ и т.п.

Весьма возможно, что этим путем удерживается в организмах весь радий, находящийся в морях. Уже Джоли⁴ подчеркнул своеобразие его распределения, заставляющее предполагать захват – концентрацию его планктоном.

Сейчас в связи с нахождением подземных вод, богатых радием, выяснение равновесия



получает особое значение.

Является ли живое вещество в этих условиях – в водных растворах – фактором, влияющим на радиогенное выделение кислорода, его прекращающим и ослабляющим? Лишь дальнейшее изучение радиоактивности вод природных водных бассейнов в связи с развитием в них жизни позволит разобраться в этом явлении.

Есть ли связь между содержанием радия в воде с интенсивностью жизни? Для решения этого вопроса надо изучить годовой ход содержания радия в природных бассейнах. К этому мы приступаем.

Концентрация радия водными организмами ставит на очередь вопрос о происхождении радия в напорных нефтяных водах – возможно органогенное его в них происхождение. Надо убедиться, не является ли он, так же как и нефть, в этих водах, фактически продуктом жизни⁵.

4. Концентрация радия организмами ставит и вопросы биологического характера – о значении радия в физиологических процессах.

Здесь пока можно (и нужно) идти первым делом путем накопления фактов, возможно большим количественным определением радия и возможно большем числе видов организмов. Из измерений Б.К. Бруновского и К.Г. Кунашевой явствует, что для растений, водных и наземных, весовое, процентное содержание радия колеблется в пределах от $1,3 \times 10^{-11}$ до $2,0 \times 10^{-12}\%$. Для рясок это будет отвечать в атомах на организм⁶:

¹ A. Gautier. C.R., 128–129, 1899.

² Cp. J. Murray a. R. Irvine. Trans. of Eding. B. Soc., 27, 1895, p. 725.

³ W. Atkins. Journ. of Mar. Biol. Assoc., 12–14, 1923–1926.

⁴ L. Joly. Phil Mag., 1909, 18, p. 396.

⁵ В.И. Вернадский. К вопросу о радиоактивности нефтяных буровых вод. ДАН. А. 1930, № 15, с. 399; W. Wernadsky C.R., t. 190, 1930, p. 1172.

⁶ W. Wernadsky. Considérations générales sur l'étude de la composition chimique de la matière vivante. Тр. Биогеох. лаб., I, 1930, с. 31 – веса рясок.

L. minor ¹	1,02 · 10 ⁵ атомов Ra в индивидуе
L. gibba ²	5,83 · 10 ⁵ »
L. trisulca	8,91 · 10 ⁵ »

Коэффициенты для всех трех видов Lemna явно резко различны, порядок же количества атомов один и тот же³.

Проблема, стоящая сейчас перед нами в первую очередь – выяснить, имеем ли мы дело с миграцией радия или с миграцией урана, поглощает ли организм атомы радия или атомы урана? Или те и другие? Ясно, что определение отношения Ra/U в организмах решит этот вопрос и имеет большой интерес. Уран, по-видимому, входит в растения; я знаю, впрочем, только определения П.А. Волкова для растений, живущих на отвалах Тюя-Муюнского рудника в Фергане – но в эти растения могла быть захвачена пыль радиевых минералов рудника⁴. К сожалению, определения в них радия сделано не было. Сейчас в нашей Биогеохимической лаборатории ставится систематическое определение урана в ряске и в других организмах с целью определить отношение Ra/U в живых организмах и убедиться в нахождении урана в живых организмах.

К ВОПРОСУ О РАДИОАКТИВНОСТИ НЕФТЯНЫХ БУРОВЫХ ВОД*

Считаю нужным высказать несколько соображений в связи с теми данными, которые установлены в представляемом мною в Академию наук докладе В. Г. Хлопина и Б. А. Никитина⁵.

Из названного доклада видно, что работами Государственного Радиевого института подтверждается максимальное среди всех вод содержание радия в буровых нефтяных водах Новогрозненского нефтяного района. Весовой процент радия в одной из исследованных Б.А. Никитиным буровых вод достигает $1,83 \times 10^{-9}\%$. И.С. Тверцын и В.Б. Милин получали для других образцов несколько большие цифры, но сейчас важно подтверждение установленного В.С. Тверцыным и Б.Б. Милиным исключительного богатства радием новогрозненских нефтяных вод⁶.

Это явление кажется мне сейчас чрезвычайно важным, имеет большое научное значение и ставит практический вопрос о добыче радия в новую плоскость.

В связи с этим необходимо связать его с некоторыми другими явлениями в истории радия в земной коре, которые начинают выясняться в эти послед-

¹ Взятые числа Б.К. Бруновского и К.Г. Кунашевой, несмотря на примесь L. polythysa. Очевидно, эти данные требуют поправок.

² Для L. gibba и L. trisulca взяты средние определения Ra Б.К. Бруновского и средние веса.

³ Об этом методе выражения химического состава см. В.И. Вернадский. О рассеянии химических элементов. Л., 1927 (Отчет Акад. наук за 1926 год).

⁴ Доклад в Государственном Радиевом институте в 1924 г.

* Доклад, прочитанный в Отделении физико-математических наук 4 апреля 1930 г. Опубликовано в: Докл. АН СССР. Сер. А 7. 1930. № 15. С. 399–401.

⁵ В.Г. Хлопин, Б.А. Никитин. К вопросу о содержании радия в нефтяных водах Грозненского района. Докл. Акад. наук, Серия А, 1930, № 15. С. 393.

⁶ Литература и числа приведены в упомянутой статье В.Г. Хлопина и Б.А. Никитина.

ние месяцы и которые заставляют в сильной степени углублять и менять то представление об его истории, которое мы сейчас имеем¹.

Эти явления следующие.

1. Сейчас вытекает из всех известных фактов, что в водах напорных (артезианских), принадлежащих нижней биосфере или верхней стратисфере, мы наблюдаем такие концентрации радия (до $n \cdot 10^{-8} - n \cdot 10^{-9}\%$ по весу), которые никогда не наблюдаются в минеральных термальных источниках, воды которых считаются наиболее глубокими (по крайней мере, в одной своей части) из всех нам известных. В этих водах, наиболее к тому же изученных с точки зрения их радиоактивности, максимальные количества радия не превышают $1-2,5 \cdot 10^{-11}\%$.

Пока можно утверждать, что наиболее богатые радием воды, являются продуктом биосферы (и может быть, стратисферы), а не более глубоких земных оболочек.

Наибольшие концентрации радия, нам известные, при этом отвечают тем своеобразным водам, которые сопровождают нефтяные месторождения².

2. Работы Пиггота³ для гранитов восточных приморских штатов Северной Америки указывают, что часть радия этих гранитов, по-видимому, весьма значительная, легко переходит в водный раствор. Пиггот наткнулся на это явление в конце работы, и неизвестно, можно ли распространять его на все им изученные граниты. Но новый факт, им установленный для некоторых гранитов, все же указывает, что при выветривании гранитных пород в биосфере радий может в значительной части переходить в раствор, в вадозные воды биосферы. Если это окажется общим для всех массивных пород, мы будем иметь здесь явление первостепенного значения в истории радия. При выветривании пород в биосфере радий будет собираться в вадозных водах и в конце концов, если он не захватится жизнью, будет попадать в напорные воды стратисферы. Возможно, что в значительной мере он находится в капиллярной воде массивных горных пород⁴.

3. И, наконец, работы нашей Биогеохимической лаборатории указывают, что радий захватывается живым веществом из водных его растворов⁵.

Из всего этого следует, что концентрация радия в природных водах связана с поверхностными явлениями нашей планеты, с историей ее биосферы.

Его концентрация в водах нефтяных областей приобретает особое значение, так как становится возможным, что он здесь, так же как и сама нефть⁶, тесно связан с биогенными процессами.

¹ См. изложение вопроса в «Очерках геохимии» [см. Вернадский В.И. Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. – Ред.].

² Воды бурений Ухты и Новогрозненского района химически разные. И те и другие содержат нефтяные кислоты. Но точное химическое представление о буровых водах нефтяных районов не может быть сейчас дано, так как нет, думаю, ни одного анализа растворенных в них газов. Присутствие нефтяных кислот, количественно не определенных, меняет в них роль и характер углекислоты. Надо ждать обогащения их углеводородами, не только метаном и этаном, но и более тяжелыми. На это указывают анализы свободно выделяющихся газов. См. В.Г. Хлопин. «Природа», Л., 1930, № 4. Эти воды составляют особый подкласс природных вод, вероятно углекисло-углеводородных.

³ С. Piggot. Amer. Journ. Sci. 17. N.Y. 1929, p. 26.

⁴ См. В.И. Вернадский. «Докл. Акад. наук». А, 1929, № 15, с. 369.

⁵ Там же. № 2, с. 33; Б.К. Бруновский. «Тр. Биогеохим. лаб.», 1, Л., 1930, с. 75. Новые определения подтверждают и расширяют явление.

⁶ См. «Очерки геохимии».

Однако для точного решения этой проблемы сейчас недостает данных, которые должны быть получены одновременно с изучением радиоактивности.

Имеем ли мы здесь дело с миграцией радия или с миграцией урана? В первом случае мы имеем в этом явлении новое, современное явление, генезис которого произошел в историческом времени в пределах тысячелетий. Во втором – мы имеем геологически – десятками и сотнями тысячелетий – накопленный результат. Существует ли в этих водах радиоактивное равновесие, наличие которого мы, может быть, не всегда с достаточными основаниями, предпрещаем во всех минералах и в горных породах?

При $10^{-9}\%$ Ra количество урана в водах должно достигать огромной цифры $10^{-20}\%$. Все наши геохимические представления об уране в земной коре основаны на предпосылке о существовании всюду для него радиоактивного равновесия¹.

При 10^{-8} – $10^{-9}\%$ Ra – в случае существования радиоактивного равновесия – для урана должны получиться такие его концентрации в водах, которые нигде до сих пор не наблюдались.

Новое или древнее явление представляют эти богатые радием воды?

Определение – химическое количественное – урана должно быть включено, таким образом, в программу работ, спешная и широкая организация которых необходима ввиду огромной важности – научной и практической – открывающихся перед нами явлений.

Результаты такой организованной работы могут дать интереснейшие, трудно предвидимые в своем значении результаты. Необходимо принять во внимание неизбежность в условиях этих вод распада под влиянием радия молекул воды на O_2 и H_2 . Мы имеем здесь первое точно установленное указание неизбежного выделения свободного кислорода вне явлений жизни – радиогенного кислорода.

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ НА РАДИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СОЮЗА*

Совместно с В.Г. Хлопиным

Полтора года назад мы обратили внимание Отделения математических и естественных наук на необычайно высокое содержание радия в буровых водах некоторых нефтеносных районов (Грозный, Ухта, Берикей, Гейдельберг) и высказали предположение, что в буровых водах нефтяных районов мы имеем новую, чрезвычайно интересную и важную форму концентрации радия на земной поверхности, требующую немедленного и детального изучения. За истекшие полгода Государственным Радиевым институтом, взявшим на себя инициативу, поддержанную Академией наук и рядом других учреждений, была проделана (на средства Союзнефти) большая работа по изучению содержания радия в буровых водах различных нефтеносных районов Союза.

¹ См. «Очерки геохимии».

* Доклад, прочитанный в Отделении математических и естественных наук АН СССР 5 октября 1931 г. Опубликовано в: Докл. АН СССР. № 3. Сер. А. 1932. № 3. С. 55–59.

Результаты этих исследований отчасти уже служили предметом докладов, делавшихся в заседаниях сессий Академии, и были опубликованы частью в Докладах Академии наук, частью в Трудах Государственного Радиового института и в *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris*¹.

Появление этих работ вызвало доклад проф. В. Заломона-Кальви в Гейдельбергской Академии наук, в котором под влиянием полученных новых данных он пересмотрел вопрос о высоком содержании радия в воде Гейдельбергской буровой скважины (*Radiumquelle*) и дал этому явлению иное по сравнению с первоначальным, близкое к нашему толкование².

В настоящее время мы считаем своевременным, не останавливаясь на детальных результатах обследования отдельных нефтеносных районов, которые будут служить предметом сообщений научных работников, производивших соответствующие исследования (одну из таких работ мы сейчас представляем³), познакомить Отделение в общих чертах с результатами всей работы в целом, а также с планом дальнейших исследований в этой области.

За истекшее время подверглись детальному изучению нефтяные воды следующих районов Грозненского, Дагестанского, Бакинского (частично), о. Челекен, Нефтедага, Ферганского, Майкопского и Ухтинского и изучаются в настоящее время Бакинский, Чусовских городков, Эмбинский и Керченско-Таманский. На двух предварительных совещаниях, созванных Государственным Радиовым институтом по вопросу об исследовании радиоактивности вод и нефтей, работы этого года были распределены между различными учреждениями таким образом, что Государственный Радиовый институт взял на себя общее руководство всеми работами и изучение нефтяных вод и нефтей районов Бакинского, Дагестанского, Майкопского и Ферганского; Нефтяной институт в лице члена Совета Геолого-разведочного института проф. В.И. Баранова и его сотрудников – изучение районов Чусовских городков, Эмбинского и окончание изучения Нефтедага; Украинская радиологическая лаборатория проф. Е.С. Бурксера в Одессе – изучение Керченско-Таманского района. Район Ухты был уже изучен и изучается работами Главного геолого-разведочного управления (А.А. Черепеников)⁴.

Результаты работ этого года, насколько выяснилось, дают нам возможность высказать несколько положений, которые должны служить руководящей нитью при постановке дальнейших исследований в этом направлении. Эти положения на основании имеющегося пока в нашем распоряжении материала могут быть сформулированы следующим образом:

1. Концентрацию радия обнаруживают наиболее резко из всех известных вод пластовые воды, связанные с продуктивными толщами нефтяных

¹ В.Г. Хлопин, Б.А. Никитин. Докл. АН СССР. Сер. А6. 1930. № 15, с. 393; В.И. Вернадский (Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. – *Ред.*]; Б.А. Никитин. Л.В. Комлев. Содержание радия в буровых водах Бакинского нефтяного района и Дагестанской области. Тр. Радиового ин-та. Вып. 1. 1930, с. 157; Л.В. Комлев. О содержании радия в буровых водах Грозненского района. Докл. АН СССР. Сер. А. 1931.

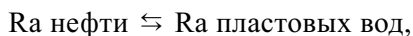
² W. Salomon-Calvi. Radiumreiche Erd Isolen und das Problem der Herkunft ihres Radiums. Sitzber. Heidelb. Akad. Wiss. math. – naturwiss. Kl., 1931, Abh. 2.

³ Б.А. Никитин. Содержание радия в буровых водах нефтепромыслов Ферганской обл. Докл. Акад. наук. 1931. № 2, с. 19.

⁴ А.А. Черепеников. Вести. Геол. Ком. 1928. № 4; Л.Н. Богоявленский. Докл. Акад. наук. Сер. А, 1928, № 14–15, с. 268.

месторождений. По этому их характеру и другим свойствам они выделяются (В. Вернадский) в особое семейство нефтяных буровых вод подцарства пластовых вод, царства вод подземных. Наиболее обычной концентрацией радия для вод этого семейства в изученных месторождениях Союза является содержание его от 3 до $8,10^{-11}\%$ по весу. От этого среднего содержания имеются резкие отклонения в обе стороны, причем наивысшая наблюдавшаяся нами концентрация отвечала содержанию в $1,835 \cdot 10^{-9}\%$ ¹, а наивысшее содержание, отмеченное в литературе, достигало $1,46 \cdot 10^{-11}\%$ ². Содержание радия в водах другого подцарства подземных вод, восходящих – минеральных источников – лежит больше чем на одну декаду ниже, давая максимальную концентрацию в $1,5 \cdot 10^{-11}\%$ ³ и, может быть, $2,5 \cdot 10^{-11}\%$ ⁴. Из других вод лишь подземные воды массивных пород (особое подцарство) в районах радиоактивных месторождений и некоторые верховодки (подцарства пластовых вод), связанные с процессами выветривания в искусственных штольнях, согласно новейшим данным, могут по содержанию радия приближаться и даже превосходить пластовые воды нефтяных месторождений. Такова, например, вода Португальского гранитного массива *Urgeirica (Nelas)*, которая, по *Ch. Lepierre*⁵, содержит $2,15 \cdot 10^{-8}\%$ радия; для верховодки известен один случай – купоросная вода *Neilquelle*) в штольне *Saalfeld's* в Тюрингии, содержащая до $1,09 \cdot 10^{-9}\%$ радия⁶.

2. Повышенное содержание радия в нефтяных пластовых водах, однако, не является неперенным характерным признаком таких вод⁷. Найдены нефтеносные районы, пластовые воды которых в пределах чувствительности применяемых нами методов совершенно радия не содержат (менее $2,10^{-12}\%$). Существование таких районов наметилось еще работами прошлого года (группы Сальянская, Путы, Шубаны, Бинагады, Самбунчи и о. Артема (б. Святого) Бакинского нефтяного района)⁸ и с особенной резкостью выявилось в текущем году при обследовании Майкопского района, в водах которого, без всякого исключения, радия обнаружить не удалось⁹. Нельзя не отметить, что воды Майкопского района, в отличие от других (рассолы и сильно соленые) – воды слабо соленые и геологами не связываются с нефтяным месторождением. Нефть получается безводная. Этот факт представляет большой интерес, так как он ставит по-новому проблему. Можно предположить или а) существование подвижного равновесия в отношении радия (а может быть, и урана) между нефтью и пластовыми водами нефтяных месторождений по схеме:



¹ В.Г. Хлопин, Б.А. Никитин. Докл. Акад. наук. Сер. А, 1930, № 15, с. 393.

² В.С. Тверцын, В.Б. Милин. Нефт. хоз-во. 1929, № 11–12.

³ См. литературу у Хлопина и Никитина. I.c.

⁴ *Behounek*. Journ. Phys. et Radium. Т. 6, № 48, 1925.

⁵ *Ch. Lepierre*. Bull. Inst. hydrol. et climat. P. 1925.

⁶ *Porlezza u. Donati*. Gas u. Wasserfach. Т. 69, № 28, 1926; Chem. Zbl., 1, p. 2081, 1926.

⁷ Воды эти все-таки могут относиться к тому же семейству пластовых нефтяных вод, так как характерным его признаком является нахождение в этих водах в растворе своеобразных органических соединений («нефтяные кислоты») и газов (углеводороды).

⁸ Б.А. Никитин, Л.В. Комлев. Тр. Гос. Радиев. ин-та, 1, 1930, с. 157. Данные относительно этих групп носят предварительный характер, и не исключена возможность, что при более детальном изучении в отдельных водах этих групп радий будет найден.

⁹ Л.В. Комлев. Предварительный отчет о работах в Майкопском районе.

причем для некоторых месторождений это равновесие сильно сдвинуто в сторону воды, а для других в сторону нефти, или б) что никакой органической связи между нефтью и повышенным содержанием радия в пластовых водах нефтяных месторождений не имеется, а явление это более сложное. В случае правильности этого второго предположения повышенное содержание радия в нефтяных водах делалось бы еще более загадочным. Решить, которое из двух предположений более правильное, может помочь изучение радия и урана в самой нефти, которая в случае правильности первого предположения указывает, что для Майкопа должно обнаружиться особо повышенное содержание радия или урана в нефти.

Второе предположение сейчас не может быть сведено к какой-нибудь конкретной форме и может выясниться лишь на фоне широкого изучения геохимии радия в водах всех подцарств и главных семейств природных вод.

Но прежде чем вступить на этот путь, необходимо установить наличие или отсутствие радия (и урана) в нефтях и, в частности, в Майкопе.

Эта задача нами поставлена в первую очередь, и работа производится.

3. Содержание радия в нефтяных водах не идет параллельно с содержанием бария в них, как это было предположено А.А. Черепенниковым¹, напротив, радий содержится как в водах бессульфатных; содержащих в растворе ион бария, так и в водах сульфатных.

4. Содержание радия в нефтяных водах эксплуатируемых районов нередко обнаруживает большие колебания не только в пределах одного и того же района, но даже для вод, выходящих из одного и того же пласта, и для вод соседних скважин². Воды первого появления часто гораздо богаче радием, чем воды постоянно функционирующих скважин³.

5. Содержание радия как будто более устойчиво в водах, содержащих ион бария (Ухта, Берикей), чем в водах, содержащих ион SO_4 (Грозный, Баку)⁴.

6. Для некоторых нефтеносных районов установлен факт быстрого исчезновения радия или в отдельных нефтяных водах (Берикей), или для вод целого района (Новогрозненское месторождение)⁵. В последнем случае это явление связано с общим резким изменением режима вод этого района, которое местными геологами ставится в связь с особой интенсивной эксплуатацией нефти и происшедшим, вследствие этого, оводнением Грозненского нефтяного района благодаря подосу краевых пластовых вод. Изменение режима вод в этом районе настолько значительно, что оно сопровождалось, например, полным исчезновением обильных и в течение многих лет эксплуатировавшихся вод расположенного дальше чем в 15 км от Грозного Горячеводского курорта.

Горячеводский источник – естественный источник; он известен с XVIII столетия, существовал, очевидно, и раньше, и его исчезновение является фактом большого геологического значения. К сожалению, в литературе этот

¹ А.А. Черепенников. Радионесные буровые воды.

² Б.А. Никитин, Л.В. Комлев. *И.с.*

³ Б.А. Никитин, Л.В. Комлев. *И.с.*

⁴ А.А. Черепенников. *И.с.*; Б.А. Никитин, Л.В. Комлев. *И.с.*

⁵ В.И. Баранов, И.Д. Курбатов. Содержание радия в нефтяных водах Грозненского района. Докл. Акад. наук. Сер. А. 1931, с. 171; Л.В. Комлев. Содержание радия в нефтяных водах Грозненского района. Докл. Акад. наук. Сер. А, 1931, с. 174.

факт, кроме кратких упоминаний, не нашел отражения. Необходимо точное геологическое изучение, связанное с выяснением сейсмического состояния этой местности в указанное время и с выяснением мест пробных бурений на нефть в ближайшем к Горячеводску районе. Это тем более необходимо, что характер вод и Горячеводска, и Брагун, и некоторых пластовых вод Грозненского нефтяного района указывает на их связь с особым подцарством – вод гейзерных, вод перегретых. Можно ждать здесь получения горячих газовых водяных струй, имеющих сейчас серьезное практическое значение. Это получение необходимо и с точки зрения проблем, поставленных исследованием геохимии радия. Необходимо, чтобы оно было произведено, пока не поздно. Каковы бы ни были геологические причины этого резкого изменения режима вод, геохимическое исчезновение радия может быть проще всего объяснено смешением вод разного типа, содержащих барий и содержащих сульфатный ион, в результате чего происходит выделение нерастворимого сульфата бария, который при своем выпадении, в силу изоморфизма, захватывает практически количественно весь содержащийся в воде радий. Но это должно быть проверено точным геологическим и геохимическим изучением явления.

7. Установлено, что содержание радия в пластовых водах некоторых нефтеносных районов остается весьма постоянным в течение ряда лет (Ухта – 5 лет¹, Берикей – 3 года²), что в связи с очень большим дебитом некоторых нефтяных вод, например Берикей, заставляет обратить на них особое внимание, особенно в связи с предполагаемой эксплуатацией их в целях извлечения из них йода.

8. Практический интерес, который могут представить нефтяные воды некоторых месторождений как возможное сырье для извлечения радия, составляет: а) добиваться, чтобы горнопромышленными организациями был поставлен на нефтяных месторождениях правильный, научно обоснованный учет дебита нефтяных вод и изучение их режима по определенной, установленной радиологами и гидрологами программе, и б) поставить вопрос о разработке методики экономически выгодного и технически удобного извлечения радия из столь разведенных водных растворов.

Пока остается неясным, имеем ли мы в случае появления богатых радием пластовых вод нефтяных месторождений дело с миграцией только радия или с миграцией и его родоначальника – урана. Вопрос о содержании урана в природных водах до настоящего времени почти еще не изучен, и, кроме анализов Лепьера³, Форжаза⁴, и де Карвальо⁵ (всех трех для Португалии), мы не имеем пока никаких данных по этому вопросу. Чрезвычайно важно при разрывании дальнейшей работы обратить специальное внимание на определение содержания урана как в нефтяных водах, так и в самих нефтях или битуминозных породах продуктивной или соседних толщ, а также на нахождение элементов ториевого ряда во всех вышеуказанных объектах. Эта задача нами поставлена.

¹ А.А. Черепенников (устное сообщение).

² Л.В. Комлев. Предварительный отчет о работах Радиологической партии в Дагестанском районе в 1931 г. Тр. Гос. Радиевого ин-та. 11).

³ Ch. Lepierre. Analyse des eaux de S. Vicente., 1908; Bull. Inst. hydrol. et climat. P. 1925.

⁴ P. Forjaz. Rev. de Quimica pura e aplicada, 2. 1929. Только качественные данные.

⁵ M. Herculano de Carvalho. Comptes Rendus Acad. Sci. Paris. 191, N 2, p. 95, 1930.

Нам кажется, что следует продолжать эти работы и в 1932 г. и в конце концов осветить это новое, чрезвычайно интересное и еще загадочное природное явление.

РАДИОАКТИВНОСТЬ И НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ*

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Успехи учения о радиоактивности, новые важные явления, которые были найдены в этой области, и еще более – глубокое взаимодействие в ней теоретических идей и точнейшей экспериментальной техники приобрели в последнее время большое значение для геологии. Под этим влиянием и возникли новые важные геологические проблемы. Разрешение этих проблем, мне думается, принесет в ближайшее время глубокое изменение повседневной геологической работы и чрезвычайное расширение геологических знаний.

В области этих проблем в геологии, однако, в противоположность учению о радиоактивности, недостаточно эмпирических фактов, а господствуют теории и гипотезы. Фактический материал не только недостаточен, он случаен и часто мало точен.

В этом докладе я хочу вкратце, оставаясь на эмпирической почве и стремясь к количественному учету явлений, дать представление о состоянии наших знаний в области трех больших основных геологических проблем, которые выступают теперь, мне кажется, на первый план.

Эти проблемы следующие:

1. Геохимия свинца.
2. Радиоактивное определение геологического времени.
3. Радиоактивная геологическая карта.

2. К ГЕОХИМИИ СВИНЦА

Свинец в земной коре различен и известен в нескольких смесях разных изотопов – обладает разным атомным весом. Эти смеси изотопов, по-видимому, стоят в тесной связи с геологической историей его атомов. Это эмпирическое обобщение¹, однако, не принимается² радиологами и, действительно, не может считаться пока строго доказанным. Но не доказано также и противоположное представление – о независимости атомного веса «обычного» свинца от сейчас идущих геологических процессов, как это часто принимается радиологами и физиками.

Противоречие должно быть разрешено; должны быть систематически сделаны новые определения атомного веса обычного свинца. Взятый для этого свинец должен быть точно геологически определен, т.е. прежде всего

* Доклад, прочитанный в марте 1932 г. в Отделении математических и естественных наук АН СССР и повторно в мае 1932 г. в Мюнстере на заседании Бунзеневского общества. Опубликован в: Основные идеи геохимии. Л., 1935. Вып. 2. С. 23–40.

¹ О понятии эмпирического обобщения см. В. Вернадский. Биосфера, Л., 1926, с. 19.

² Например, С. Hevesy и F. Paneth. Lehrbuch d. Radioaktivitat. 2-е изд. 1931, с. 142 и 258; А. Holmes. The age of the Earth, Bull. Nat. Research Council. W., 1931, p. 80.

нужно определить его атомный вес из всех существующих, различных типов первичных свинцовых месторождений.

Большинство имеющихся до сих переопределений атомного веса обычного свинца было выполнено на случайном материале, не считаясь с природным нахождением свинца¹; они не могут иметь того значения, которое им часто приписывается. В большинстве случаев они принадлежат к одному и тому же типу месторождений свинца.

Можно по меньшей мере различить девять различных *первичных типов месторождений свинца*:

- 1) свинец из минеральных жил (часто полиметаллические минеральные жилы);
- 2) свинец из метасоматических месторождений;
- 3) свинец из контактовых месторождений;
- 4) и 5) свинец из массивных плутонических и вулканических пород;
- 6) свинец из организмов и органогенных минералов и пород;
- 7) и 8) свинец из урановых (или актиниевых) и ториевых минералов и из их рассеянных атомов;
- 9) свинец из вулканических минералов (возгоны).

Другая группа свинцовых месторождений принадлежит к *их вторичным типам*. Это – новообразования в биосфере и в стратисфере, вызванные *химическими* процессами, при которых никогда не может произойти изменение свинцовой смеси изотопов. Только в биогеохимических процессах, быть может, возможно такое изменение²; оно же наблюдается при миграции атомов радиоактивных свинцов.

В россыпях и в обломочных горных породах встречаются одновременно скопления свинцовых соединений обеих групп различных типов месторождений с различными смесями изотопов.

Не содержащие обычного свинца вторичные свинцовые минералы могут также образовываться во вторичных месторождениях, как это, например, известно для месторождений урановых минералов. Там (Шинколобве, Конго) наблюдают псевдоморфозы по первичным урановым минералам, которые состоят из *уранового свинца*³. Очень характерно, что в первичных свинцовых минералах не находят таких чистых изотопов, но всегда различные смеси изотопов свинца.

«Обычный» свинец (атомный вес 207,2) характерен для *минеральных жил* и, возможно, для *метасоматических месторождений*. Полагают, что такой же свинец находится в контактовых месторождениях. Но для этих последних не определен атомный вес свинца; происхождение этого свинца неясно [рис.].

Свинец *урановых* и *ториевых* минералов совершенно отличен от обычного свинца и изменяет с течением геологического времени свой атомный вес. Определения атомного веса колеблются между 206,06 и 207,90⁴.

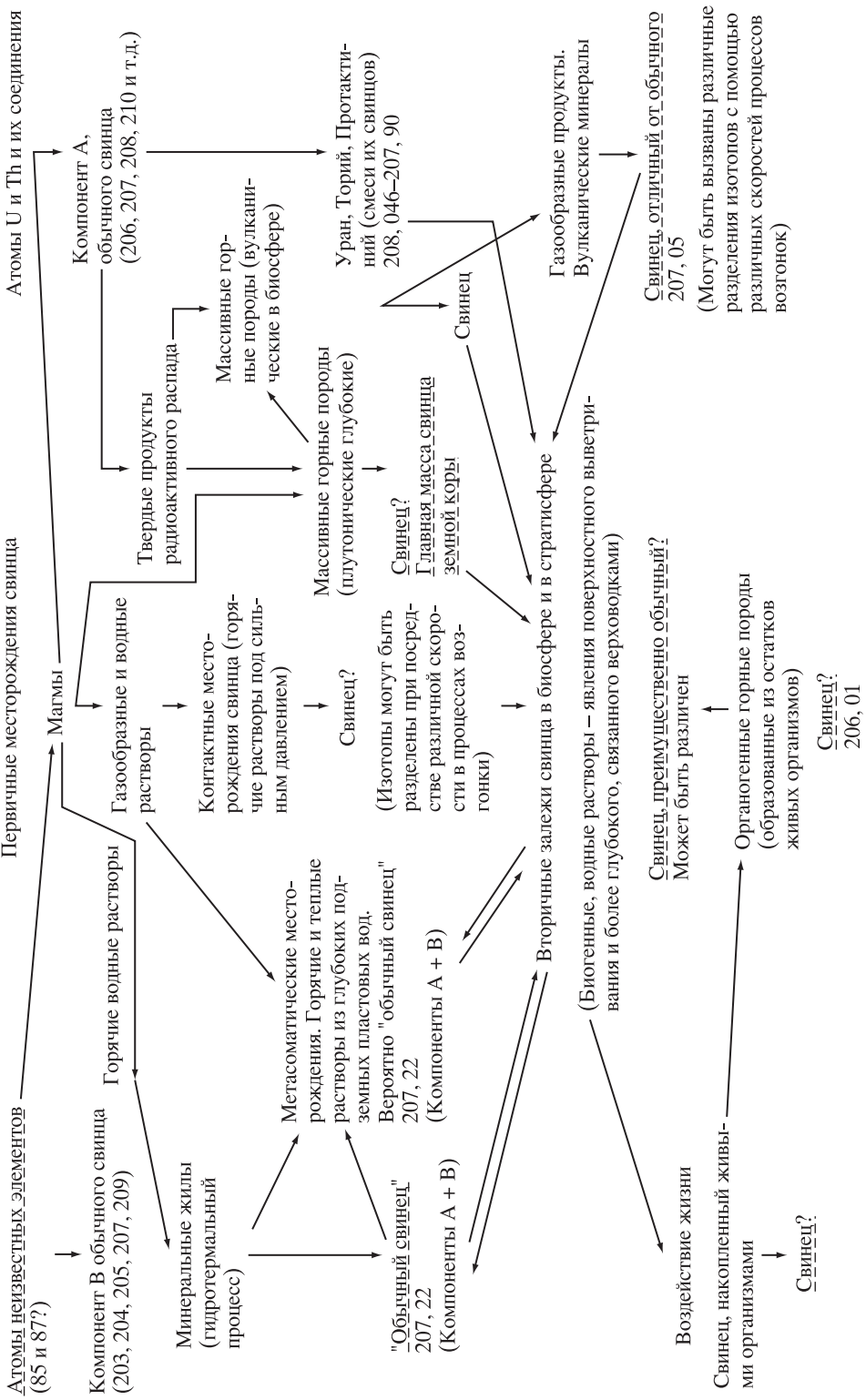
¹ A. Hølems. *ib.*, 1931, 218; Landolt-Bornstein. Tabellen 1 и принадлежат к одному и тому же типу месторождений свинца. 2. Ergänzungsband, 1931.

² В. Вернадский. Докл. Акад. наук. Л., 1926; Comptes Rendus Acad. Sci. P. 192, 131, 1930.

³ В. Вернадский. Comptes Rendus Acad. Sci. Paris, 1924, p. 178, 1726; R. von Aubel *ib.*, 185, p. 586, 1927; В. Вернадский. Les problèmes de la radiogéologie, p., 1935 (Hermann).

⁴ A. Kovarik. Bull. Nation. Res. Counc. Nation. Acad. of Sci. Washington, W., 1931, p. 34.

Геохимическая история атомов свинца в земной коре



Для *вулканических минералов* (возгоны), к сожалению, сделано только одно определение атомного веса котуннита ($PbCl_2$) извержения 1906 г. Везувия. Его атомный вес равен 207,05¹. Так как этот котуннит содержит радиоактивные элементы RaD, RaE, RaF², то его низкий атомный вес указывает на обогащение его легкими изотопами (неизвестные изотопы свинца, урановый свинец?).

А. Холмс³ высказал гипотезу, что свинец котуннита указывает на другой состав свинца в массивных горных породах по сравнению с обыкновенным свинцом. В этой гипотезе наиболее важным является, по-видимому, правильное из нее следствие, что большая часть свинца нашей планеты отличается от «обычного» свинца⁴, но связь этого явления с колебанием веса котуннита не доказана и сомнительна, ибо свинец *массивных горных пород* может иметь двойное происхождение.

1. Он может отвечать остатку первоначального свинца магмы, который остался в горных породах после того, как большая часть свинца выделилась в виде летучих и легко растворимых соединений. Наоборот, «обычный» свинец в минеральных жилах и контактах соответствует свинцу, который выделился из водных растворов в эпоху остывания магмы и образования горных пород – вышел из нее с водяными парами.

2. Он может быть новым продуктом радиоактивного распада атомов урана и тория или других неизвестных; он образуется в твердых горных породах, а не входит в состав жидкой магмы. В магме этот свинец не существовал – это новое образование, создавшееся после затвердевания.

Форма, в которой наблюдается свинец в массивных горных породах, также точно неизвестна, только небольшая часть его атомов концентрируется в химических соединениях (например, изредка в галените). В изоморфных смесях, в кристаллических решетках первичных минералов горных пород свинец пока не доказан. Большая часть его атомов, по-видимому, находится в рассеянном состоянии⁵. Такое состояние характерно для всех элементов, образующихся благодаря радиоактивному распаду. Но в рассеянном состоянии элементы могут скопляться в двух совершенно различных формах: 1) они могут находиться в самом твердом веществе; атомы свинца, образующиеся при радиоактивном распаде, накапливаются тогда недалеко от урановых и ториевых минералов или от их рассеянных атомов; 2) они находятся в водных растворах, которые наподобие тончайшей губки проникают все твердые тела, все твердые вещества земной коры⁶.

Необходимо здесь сказать несколько слов об этом втором случае, так как такие процессы при явлениях миграции элементов, по-видимому, играют большую роль. Растворы, которые образуют такую водную волосную губку, существуют во всех твердых телах земной материи, будут оставаться в

¹ A. Piutti e D. Migliacci. Atti R. Accad. Sci. Torino 1923. (2), 32, R., p. 470; между 207,025 и 207,079.

² F. Zambonini. Atti Accad. Sci. Torino, 16, I, R, 1907, p. 975; A. Rossi. ib., 16, 2, R., p. 631, 1907; F. Zambonini. Mineralogia Vesuviana. Nap., 1910, p. 48.

³ A. Holmes. Nature. 1927, 124, p. 477, 1927: Bull. Nation. Res Counc. 1931. 80, W., p. 231.

⁴ A. Holmes. Nature. 1931, p. 1039, 1928, принимает атомный вес свинца от 207,17 до 207,18.

⁵ В. Вернадский. Очерки геохимии. Избр. соч.: в 5 т., М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1.

⁶ В. Вернадский. Докл. Акад. наук. Л., 1929, с. 319.

постоянной связи – в равновесии – с капельножидкими или с газообразными водными массами окружающей породу среды. Затем при определенных условиях может происходить обмен между элементами волосных растворов и вод среды. Такой обмен может проявляться в грандиозных природных явлениях. В другом, общем с проф. В. Хлопиным докладе я еще раз вернусь к этому вопросу¹. Здесь достаточно привести только два примера.

Согласно опытам К. Бэлэй (1931), свинец сильно выщелачивается из урановых минералов водными растворами, содержащими NaCl^2 .

Экспериментальные исследования, проведенные Л.В. Комлевым (1931) в нашем Радиевом институте, показывают, что радий из массивных горных пород, например из измельченного гранита, в значительном количестве выщелачивается водными растворами, содержащими BaCl_2^3 . В обоих случаях, надо думать, должно быть взаимодействие между волосными растворами минерала или гранита и водным раствором внешней среды.

Атомный вес свинца, выделенного из организмов или из органических минералов и пород, был определен только в одном случае – в кольме (битуминозный уголь) из Швеции. Этот атомный вес – один из самых низких для свинца, до сих пор найденных. По Бейкстеру и А. Блиссу (1930), его атомный вес равен 206,01⁴. Результат был совсем неожиданный. Этот свинец рассматривали обыкновенно как вторичный, полученный из урана свинец, который организмы получали в конечном итоге из водных растворов биосферы. Продолжительность жизни организмов слишком коротка, чтобы можно было говорить о новых образованиях свинца в организме при радиоактивном процессе при их жизни. Но пока строго не доказана невозможность отбора живым организмом различных уранов (и свинцов) из изотопических смесей (атомных весов), этому свинцу нельзя теоретически приписывать атомный вес «обычного» уранового свинца⁵. Крайне необходимы новые определения атомного веса свинца в органических минералах и в организмах.

До сих пор в земной коре (и специально в биосфере) известны различные смеси следующих [34] изотопов свинца:

203 ⁶	209
204 ⁶	+210 – RaD
205 ⁶	+211 – AcB
+206 – урановый свинец RaG	+212 – ThB
+207 – актиниевый свинец ? AcD?	+214 – RaB
+208 – ториевый свинец Thd	207,2 – обычный свинец

Последние три тяжелых изотопа свинца (тяжелее чем 210) очень недолговечны. Продолжительность их жизни не превышает 10,6 часа. Но они существуют везде, где находится радон, торон и актинон. А эти элементы проникают

¹ В. Хлопин, В. Вернадский. Zeitschr. Elektrochemie. 1932. N 8a, 5–28.

² A. Holmes. Bull. Nation. Res. Council. 80, W., 1931, p. 238, 431.

³ Труды Гос. Радиев. ин-та, 2, Л., 1932, с. 207.

⁴ G. Baxter a. A. Bliss. Journ. Amer. Chem. Soc. 52, 4853, 1930. См. A. Holmes. I.c. 80, 300, 1931. Некоторые замечания В. Хлопина и М. Пасвик. Докл. Акад. наук, Л. 1932. В 1933 г. Бейкстер и Альтер нашли для свинца из урановой смоляной руды из Катанги 205,97–205,99, а для цирконита из Бедфорда – 205,927 (Baxter a. Alter. Journ. Amer. Chem. Soc. 1933, 55, 1445).

⁵ F. Aston. Nature. 1932. 129, 2, 649.

⁶ F. Aston. I.c.; H. Schuler u E. Jones. Naturwiss. 1932. 20. S. 171.

в рассеянном состоянии *всю земную кору*. Эти изотопы свинца никогда не образуют практически весомых масс.

RaD находится уже в весомых местах, так как время его полураспада составляет 22 года.

В таблице крестиком обозначены те изотопы свинца, которые образованы радиоактивным распадом элементов рядов U (или AcU) и Th.

Обычный свинец может содержать все эти изотопы. Но, кроме того, он содержит новые изотопы, которые не принадлежат к рядам урана, актиния и тория и до сих пор были найдены только в нем. Массовый спектральный и обычный спектральные анализы установили в обычном свинце существование постоянной смеси следующих изотопов: 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210*.

По-видимому, «обычный свинец» состоит из *двух генетически различных компонентов*.

Компонент А, изотопы которого принадлежат ряду элементов урана (и актиния) и тория.

Изотоп В, изотопы которого независимы от этих рядов.

Изотоп 207 должен принадлежать обоим компонентам, так как его количество здесь совершенно иное, чем это возможно для свинца уранового и актиниевого рядов¹.

Наблюдаемое постоянство атомного веса обычного свинца, вероятно, отвечает тому обстоятельству, что все определения сделаны только для одного типа его месторождения, как это и видно из таблицы [см. рис.].

Происхождение компонента В неизвестно.

Прежде чем говорить о космическом, предшествовавшем затвердеванию Земли² происхождении «обычного» свинца³, быть может, правильнее было бы выяснить, не могут ли быть объяснены его смеси изотопов (атомный вес) какими-нибудь земными процессами, протекавшими в течение геологического времени.

Для компонента А это несомненно возможно.

Быть может, возможно было бы и компонент В рассматривать как показатель существования еще неизвестного процесса радиоактивного распада земного вещества. Но об этом возможно говорить только тогда, когда будут сделаны многочисленные точные определения атомного веса свинца различного происхождения всех типов месторождений. Разница в нескольких единицах во втором десятичном знаке уже может иметь значение при таких определениях⁴.

В таблице [см. рис. 2] я попытался дать обзор типов месторождений и их взаимную связь⁵.

* Стабильные изотопы свинца: ²⁰⁴Pb, ²⁰⁵Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb.

¹ А. Holmes. I.c., 1931, 219 и сл.

² В геологических фактах в рамках геологического времени не находится бесспорного указания на прошедшее огненножидкое состояние нашей Земли. Когда говорят о таком состоянии, то основываются на старых космогонических представлениях, которые давно уже потеряли прежнее свое значение в науке. Мне кажется, что полезнее и в геохимических проблемах следовать этому пути.

³ Ср. G.v. Hevesy и F. Paneth. Lehrbuch der Radioactivitat. 1931. 2-е изд., s. 179, 194.

⁴ В ненапечатанном докладе на первой Всесоюзной радиевой конференции в декабре 1932 г. я указывал на возможность происхождения этого свинца распадением атомов элементов № 85 и № 87.

⁵ Систематическая работа начата в Радиевом институте.

3. О РАДИОАКТИВНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

Радиоактивное определение геологического времени есть вторая большая геологическая проблема, стоящая в порядке дня. Грандиозный по своему размаху, еще недостаточно оцененный факт возможного такого определения времени в недалеком будущем изменит до самого основания всю научную работу и мышление геолога.

Идею этой возможности впервые независимо высказали П. Кюри (1902) и Э. Резерфорд (1902–1906), но понял ее значение и ввел в науку Б. Болтвуд (1905–1907)¹. Научное значение этой идеи громадно.

Я должен, хотя бы коротко, коснуться здесь этого предмета, так как если такое определение времени будет введено в текущую геологическую работу, то неизбежно отзвуки этого обнаружатся далеко за пределами геологии – и в химии.

Здесь впервые наука пришла к новому, совершенно независимому от прежних методов, – методу определения времени.

На нашей планете нет известных сил, которые могли бы изменить темп этого процесса. Не существует и в пределах Солнечной системы (и, вероятно, в Галактики?) достаточных для этого напряжений энергии. Таких напряжений энергии создать невозможно без этого, чтобы не разрушить само вещество этих систем. Если бы могли в природных процессах существовать на планете в сколько-нибудь заметной степени такие напряжения, то планета сама была бы давно разрушена. Ибо для изменения закономерного естественного распада атома, ход которого мы принимаем за меру времени, было бы необходимо проявление таких напряжений энергии, которые неизбежно приводили бы к разрушению и других окружающих атомов, т.е. земной материи.

Наверно, физик в будущем получит в лаборатории такие напряжения энергии. Но его эксперименты не смогут оказать никакого влияния на планетный ход радиоактивного процесса всей Земли. Они разрушат относительно немного атомов, и эффект их опыта не скажется в окружающем мире, вне лаборатории. Эти эксперименты, проведенные даже в самом большом мыслимом масштабе, всегда останутся в окружающем нас мире только местными преходящими моментами.

В радиоактивной изменчивости атомов мы владеем абсолютным в нашей Солнечной системе эталоном времени, совершенно независимым от астрономических явлений. При ее посредстве мы приходим к естественному эталону времени.

За целые тысячелетия впервые наука подошла к такому эталону времени. До сих пор все эталоны основывались на астрономических процессах. Для таких определений времени характерны были два свойства.

Во-первых, все эти процессы принадлежали к миру больших измерений, к миру макроскопических его разрезов. При таких измерениях времени не затрагивали внутренней структуры явлений и не могли проникнуть глубоко в структуру мира. Был применен эталон – вращение планеты, который с антропоцентрической точки зрения казался основным во вселенной, но это,

¹ См. А. Holmes. I.c., 1931, 199; А. Kovarik, I.c., 1931, 104. О П. Кюри см. В. Вернадский. Очерки геохимии [Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1, 237. – Ред.].

очевидно, неверно. Он не был к тому же достаточно глубок, чтобы отражать в себе ход времени вселенной.

Во-вторых, все астрономические явления, которые пригодны для измерения времени, обратимы; время же основных природных процессов – необратимо. Мы берем за эталон время повторения обратимых процессов, таких, например, как вращение Земли вокруг земной оси или ее вращение вокруг Солнца. Для всех обратимых процессов время не имеет направления. Для времени, не имеющего направления, безразлично, считать ли его с начала к концу или с конца к началу. Это время физика или математика¹.

Ясно, что такое время не может отвечать времени реальных природных процессов. Время геологических процессов и, еще резче, время всего мирового процесса – *всегда необратимо*. Оно всегда идет в одном определенном, неизменном направлении. Время не может идти назад.

Впервые в истории науки получают в абсолютном неизменном темпе радиоактивного распада эталон для измерения необратимого реального природного времени.

Еще больше, такой эталон времени не произволен. Он отвечает свойствам атомов, первичным элементом мироздания, темпу их изменчивости, их брэнности. Брэнность является самым основным свойством материи. Можно сказать, что время есть неотделимое, основное свойство самого вещества.

Здесь мы приходим, стоя на чисто научном реальном основании, к разнице между *временем и длением*. На различие этих двух понятий указывал уже в конце XVII века Д. Локк. Д. Локк подчеркнул эту разницу при критике нового понятия времени, которое ввел И. Ньютон и которое господствовало в науке в XVIII и XIX веках.

Радиоактивный распад атомов позволяет теперь впервые измерять время ньютоновской механики, но *дление* природных процессов. Геологическое время дает ясное представление о ходе брэнности глубочайшего времени вещественного состава нашей планеты.

Все процессы на Земле охватываются этим понятием. Все имеют свою череду в геологическом времени, т.е. в длении Земли. Геологическое время обнимает историческое время человечества со всеми происходящими в нем событиями, обнимает биологическое время, которое отвечает как длительности общих эволюционных изменений всех организмов, так и длительности существования бесчисленных живых индивидуумов².

Значение точного определения геологического времени становится еще больше, если принять во внимание последствия такого определения для исторической и стратиграфической геологии и для палеонтологии. Как только будет выработан удобный и скорый способ определения геологического времени (в годах), мы получим строгое и точное средство контроля для быстрого и точного разрешения всех или большинства споров, которые возникают постоянно во время текущей геологической работы. Стратиграфия получит

¹ Исходя из вращения Солнца или планет, не принимает во внимание – и научно это вполне возможно – знак (направление вращения). Он, однако, необратим: вращение идет всегда в одном направлении – посолонь и противусолонь.

² Ср. мою статью «Проблема времени в современной науке» в Изв. Акад. наук, Л., 1932, с. 511 и сл.

новый облик. Введение такого нового определения времени по тысячелетиям или миллионам лет вместо произвольных и количественно несравнимых подразделений геологической, стратиграфической шкалы времени может по своему действию сравниться только с героическим периодом в истории геологии, с созданием 100 лет назад основного стратиграфического охвата геологии и геологической работы.

Стратиграфия впервые в те годы дала твердое основание геологии и строго связала ее с точными науками. Но она была только качественной, описательной наукой. Введение числового геологического измерения времени есть первый решительный шаг – шаг к количественной геологии ближайшего будущего. Полевая работа геологов будет в корне изменена, так как геологи и петрографы должны будут при описании геологических разрезов точно отмечать новые признаки существования ископаемых, новые их проявления (например, углистого вещества); они должны будут вводить новые методы при разрешении стратиграфических и тектонических вопросов. Геологическая карта примет совершенно новую форму.

Мне кажется, что теперь настал момент, чтобы начать организованную систематическую работу по определению геологического времени. Внимание всех геологов и геохимиков должно быть обращено на это новое поле исследований.

Мы наблюдаем уже первые шаги. В 1931 г. была опубликована в Вашингтоне важная сводка о возрасте Земли североамериканского «National Research Council of the National Academy of Sciences»¹. Из этой полной сводки можно с большой определенностью сделать следующие важные выводы.

1. Большая разница в полмиллиарда лет между определением возраста геологических процессов чисто геологическими и чисто радиологическими методами, которая существовала еще в 1924 г., больше не существует. Результаты более новых геологических исследований решительно говорят в пользу правильности радиоактивного метода определения времени геологических процессов.

В 1924 и 1931 гг. критическое сравнение результатов обоих методов было произведено одним и тем же лицом, известным североамериканским геологом К. Шухертом².

2. С 1924 г. в радиологических, спектроскопических, химических методах количественного определения U, Th, Pb и He, Rb, Sr и т.д. были достигну-

¹ Bull. Nat. Res. Counc. 80. Physics of the Earth. IV. The age of the Earth, W., 1931 (Nat. Acad. of Sci.). Работы A. Knopff, C. Schuchert, A. Kovarik, A. Holmes, Brown. Минералогические методы определения времени, к сожалению, здесь совершенно не затронуты. Правда, они пока не имеют большого значения, но в будущем должны быть учтены.

² C. Schuchert, 1931, 14, 15. Он говорит: «В заключение автор должен признать, что он поражен полученными им самим результатами, так как он исходил из мысли, что ему не удастся найти достаточной толщи пластов или достаточно перерывов (остановок их образования), чтобы ответить требованиям времени, указываемого радиоактивными минералами. Он нашел легко такие морские отложения с начала палеозоя для определения 500 с лишним миллионов лет».

В своей же «Исторической геологии» (Historical geology, 1924) он говорил: «Поэтому геология может сказать, что Земля с начала археозоя, вероятно, имеет возраст, по крайней мере, 500 миллионов лет (104–105). А теперь мы готовы признать, что с начала палеозойского времени прошло 550 миллионов лет. По крайней мере, один стратиграф совершенно перешел в лагерь радиологов».

ты большие уточнения. И если не все трудности еще превзойдены, то все же ясно, что никаких принципиальных препятствий для точной работы больше не существует.

Окончательное выяснение необходимой удобной рабочей методики есть вопрос времени и техники¹.

Я не могу здесь входить в подробности, но так как цель этого доклада – направить внимание на необходимость широкой и систематической работы, я сделаю еще некоторые замечания.

В 1931–1932 гг. русские геологи и радиологи в Радиевом институте в Ленинграде начали обсуждать возможности совместной работы для геологического определения возраста. Должна была быть сделана попытка организовать такую работу, были выбраны определенные проблемы для массивных и осадочных горных пород. Материал специально для этих опытов должен был быть собран летом 1932 г.² Наши предварительные опыты показали, что образцы массивных горных пород, могущих служить для таких определений, должны быть собираемы с большой осторожностью; они должны быть очень свежи, собраны глубоко под земной поверхностью, по крайней мере, в наших условиях выветривания. Надо брать образцы горных пород для определения времени из свежих обнажений, например, из больших разрабатывающихся каменоломен или из глыб, полученных из специальных взрывных шурфов.

Из сводки А. Холмса в упомянутом издании Национального совета³ ясно, что для массивных горных пород первые препятствия устранены.

Вследствие этого можно легко выбрать нужные геологические примеры, для которых определение времени кажется важным для геологов.

Иначе обстоит дело со стратиграфическими вопросами и осадочными и терригенными горными породами, возраст которых должен еще больше интересовать наших геологов. Здесь редко можно применять для определения возраста самые горные породы (кроме части известняков и доломитов). *Необходимо в горных породах искать новые формы ископаемых*, позволяющие определить возраст горной породы изучением ее радиоактивных проявлений. Необходимо идти по старому пути стратиграфии, изменив понятие о руководящих для нее ископаемых. Такие ископаемые существуют: это органические минералы, остатки организмов, которые со времени образования горных пород вещественно⁴ остались неизменяемыми. Обычные руководящие ископаемые стратиграфии, выдвигающие на первое место форму вымер-

¹ Сейчас (1934 г.), благодаря успехам количественной спектроскопии, является возможным применение новой, независимой от прежних, методики определения геологического времени по нахождению в участках земной коры, горных породах и минералах весовых отношений атомов Rb:Sr и K:Ca. Значение последнего отношения еще не окончательно установлено.

² Намечавшаяся работа не развернулась, как предполагалось. Среди руководителей нашего высшего геологического учреждения, связанного с разведкой, она встретила (1932) скептическое отношение. Но Радиевый институт собрал некоторый (недостаточный) материал и сейчас добивается постановки этой насущной и первостепенной важности радиологической работы.

³ A. Holmes, I.c., 1931, p. 431 и сл., табл. на с. 444.

⁴ При изучении геохимических процессов нужно всегда помнить об этом постоянстве состава организмов в геологическое время. В. Вернадский. Очерки геохимии. Ср. J. Walther, Leopoldina, Halle. 1930. Сводная работа А.П. Виноградова о химическом составе морских организмов в 3-м выпуске Тр. Биогеохим. лаб. Акад. наук СССР, 1935, с. 66–278.

ших организмов, здесь не пригодны, так как их вещество совсем или почти совсем должно было для сохранения формы исчезнуть. Но почти всюду есть в осадочных горных породах органические остатки, которые в своем веществе, в зольных его составных частях, неизменны со времени образования осадочной породы – смерти организмов. Таковы углистые, битуминозные, главным образом растительные по происхождению тела, которые морфологически большей частью неопределимы. Но они, благодаря неизменности своих зольных частей, могут служить для точного определения возраста осадочных горных пород. Такие органические остатки, которые редко изучались геологами и минералогами, встречаются рассеянными в горных породах. Для наших целей их следует искать, подобно тому, как это обыкновенно производится во время геологической съемки для стратиграфических целей, с морфологически важными окаменелостями и отпечатками. Некоторые примеры таких углей и битумов, выбранные геологами, мы попробуем изучить с этой точки зрения.

Такое определение возраста осадочных горных пород имеет еще гораздо большее значение для *изучения жизни*, для палеонтологии, нежели для стратиграфии. Число должно господствовать также и в палеонтологии. Выявляется точный общий масштаб времени, позволяющий численно сравнивать различные периоды развития морфологически различных организмов различных геологических возрастов. В геологическом времени можно определить время эволюции жизненных форм. Чрезвычайная важность точного *геологического* определения времени для всех биологических проблем ясна и здесь может быть только упомянута¹.

4. О РАДИОАКТИВНОЙ КАРТЕ БИОСФЕРЫ

Я перехожу к последней проблеме моего доклада – к геологически радиоактивной карте. Здесь, быть может, еще более, чем при предыдущих проблемах, необходима международная систематическая работа.

Эта карта должна географически численно представить распределение радиоактивной энергии биосферы в проекции на ее поверхность. Она должна основываться на точной геологической карте. Толща биосферы вследствие диссимметрии² различна на суше и в океане – 3,8 км в среднем для гидросферы и 1–1,5 км для суши. Быть может, для разрешения некоторых проблем было бы удобнее сделать глубокий, везде одинаковый разрез через структуру планеты и проследить распределение радиоактивной энергии до глубины 3,8 км под уровнем геоида на всей земной поверхности; но при теперешнем состоянии геологии без сомнительных гипотез этого сделать нельзя. Такой

¹ В связи с Международным Геологическим конгрессом, имеющим быть в Москве в 1937 г., наш Радиевый институт в Ленинграде организует, совместно с Геологическим институтом Академии наук в Москве, Научным горно-разведочным институтом в Ленинграде, Украинским химическим институтом в Одессе, систематическое, точно количественное выявление древнейших частей суши в нашей стране и возможно полную шкалу геологически определенных массивных пород на протяжении всего возможного времени – от древнейшего докембрия до третичного периода. Вопрос этот будет поставлен на международное обсуждение.

² О диссиметрии земной коры и биосферы см. «Очерки геохимии» В.И. Вернадский. Избр. соч.: В 5 т. М., Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1, с. 69, 290 и подробнее В. Вернадский. История природных вод. I, вып. 1, 1933, с. 42 и сл.

разрез, может быть, отвечал бы энергетике биосферы; подобная возможность еще недавно (1932), когда писалась эта статья по-немецки, никому не приходила в голову, так как возможность глубокой анаэробной жизни не сознавалась¹.

Биосфера отвечает закономерному механизму – организованности планеты – определенной динамической равновесной оболочке земной коры. Она не случайно асимметрична. Ее радиоактивную энергию можно уже теперь довольно точно вычислить, вернее – ясен путь этой возможности. Структура суши до глубины 1 км может быть определена в большинстве стран геологически (и химически) точно.

Состав океана в общем с поверхности до дна однороден. Такая радиоактивная карта биосферы будет отвечать идеальной биосфере: биосфере, океан которой везде имеет глубину в 3,8 км, а суша – везде толщину в 1 км.

Как может быть создана такая карта и что она может дать? Радиоактивная энергия, имеющая место в земных процессах, проявляется всегда в форме лучистой тепловой энергии; ее можно измерять калориями. Эту энергию можно точно вычислить для каждого куб. сантиметра, куб. километра и т.д. вещества Земли, если только знать весовое количество радиоактивных элементов в их объеме. Для этого необходимо точно определить весовое процентное содержание U, Th, K, Ra и Rb и знать точный удельный вес вещества Земли. Вероятно, что в состоянии распада находятся не только названные элементы (и продукты их распада), но и все химические элементы, хотя это до сих пор является только вероятной, но все же научно важной гипотезой. Соответствующая ей радиоактивная энергия совершенно не известна². Возможно, однако, что часть радиоактивной энергии является самой важной в тепловом режиме Земли. Указание на это можно видеть в низкой температуре океана, где радиоактивная энергия Th, U, Rb и K должна быть очень мала. Следует помнить, что океан имеет совершенно своеобразный атомный состав, причем возможно, что преобладающие элементы – O, H, Cl, Na, Ca и Mg – геологически постоянны в своих весовых соотношениях. Наши знания химии океана настолько не точны, что его не так просто вычисляемая радиоактивная энергия может быть выражена пока в калориях без дальнейшей большой эмпирической работы. Его объем хорошо известен. Количество атомов для K мы тоже знаем; для Rb же, Ra, U и Th изучение еще только начинается.

Для Rb существуют лишь старые определения одного хорошего химика прошлого столетия – проф. А. Шмидта. Но его метод, видимо, неточен, и его числа, вероятно, слишком высоки³. Еще хуже наши знания для U и Th. Имеются довольно точные числа для Ra в воде океана, но не известно, образовался ли этот Ra из растворенного U и находится ли он в равновесии с атомами U, или произошла новая миграция атома Ra, независимо от U.

¹ Работы последних лет выясняют глубокое проникновение главным образом анаэробной жизни в стратифере; очень возможно, что нижняя граница жизни и здесь определится высокой температурой, т.е. дойдет до 3 км. См. *В. Вернадский. Очерки геохимии; Его же. Проблемы биогеохимии*, I, Л., 1934.

² Пока несомненно установлен распад Sm; вероятен распад элементов, не выделенных в весовых количествах. – 61, 85, 87.

³ *В. Вернадский. Изв. Акад. наук*, 1914, с. 950 и сл., также *F. Clarke. Data of Geochemistry*, 5-е изд., 1924.

С точки зрения геохимии, U должен находиться в морской воде и, возможно, там накапливаться¹. Но до сих пор еще сомнительны² все качественные определения урана в морской воде. Должны быть сделаны новые, независимые от радиологических методов, количественные химические определения урана в морской воде³. Только тогда можно будет вычислить его термический эффект.

Для содержания тория в воде океана дается ряд определений порядка от 10^{-3} до $10^{-5}\%$. Но они вычислены из определений торона⁴. Теоретически с геохимической точки зрения эти числа кажутся слишком высокими. Точнейшее (по методу торона) исследование на содержание Th в пластовых водах нефтеносных районов показало, что эти подземные воды не содержат Th (также и его изотопа RdTh), а только мезоторий I и ThX (оба изотопа Ra). Возможно, что атомы Th в водах морей и океанов также не существуют в растворах⁵. Числа для Th (по определению торона) должны быть пересчитаны на MsTh I (изотоп радия). Геохимически следовало ожидать, так как вадозные минералы тория совершенно неизвестны, что Th должен находиться не в растворах, а в твердых выделениях⁶.

Настоятельно необходимы новые химические испытания на содержание Th в морской воде.

Термический эффект радиоактивной энергии суши может быть более легко вычислен из химических анализов ее горных пород. При этом необходимо изучить распределение нагревания в геологически различных ее областях. Эти определения необходимо делать не путем вычислений, а исходя из точно наблюдаемых реальных геологических разрезов, с одной стороны, а с другой, – необходимо определить для возможно большего числа точек каждой геохимической области земной коры среднюю мощность ее горных пород и тепловой эффект их до глубины в 1 км, выразив такую однокилометровую по глубине колонку, например, в объеме цилиндра сечением в квадратный километр. Во всех различных горных породах в такой колонке надо определить весовое процентное содержание U, Th, K, Pb и вычислить отсюда количество атомов радиоактивных элементов на глубину 1 км и количество калорий, выделяемых в год. Этим путем можно вычислить термический эффект больших участков суши в калориях на куб. километр колонки.

Полученные числа (в кал/км³) должны быть точно отмечены на геологической карте. Тогда можно провести кривые одинакового теплового эффекта, георадиоактивные кривые (как это принято для других геофизических данных). Эта карта будет тем точнее, чем гуще будет сеть таких колонок.

Здесь не место входить еще дальше в технику работы. Но я хочу сказать еще несколько слов о геологических разрезах. Можно и для них определить тем же путем тепловой эффект веществ, составляющих их горные породы.

¹ Уран может накапливаться здесь не только в растворе, но также и в живых организмах. Изучение содержания урана в живых организмах поставлено в нашей Биогеохимической лаборатории.

² См. В. Вернадский. Очерки геохимии.

³ O. Hahn. Sitzbe. Preuss. Akad. Wies, B., 1932. S. 10.

⁴ H. Mache. Anz. Wien. Akad. 1914, 51, 345.

⁵ См. В. Вернадский. Торий или мезоторий в морской воде?

⁶ См. В. Вернадский. Природа. 1933. Л., с. 26; *Его же*. Очерки геохимии.

Геологически, может быть, интересно знать термическую структуру сложных геологических разрезов для больших областей биосферы или ее горных областей. Материал для подобного опыта был собран нашим Радиевым институтом в районе Тянь-Шаня.

Мы увидим при его обработке, может ли дать такое изыскание какие-нибудь указания на устойчивость строения таких разнородных массивов, какое представляет биосфера.

В конце моего доклада я могу лишь очень коротко коснуться главного вопроса – что может дать радиоактивная карта. Конечно, каждое новое числовое выявление природных процессов в науке и важно и неизбежно приводит к новому углублению наших знаний. В геологии (и в геофизике) ко всем явлениям необходимо подходить картографически. То же самое относится и к геохимии, что, однако, до сих пор мало принимается во внимание.

Но можно уже теперь предвидеть и некоторые выводы из такой карты. Ясно, что такая карта должна дать распределение физически резко различных и очень важных участков на земной поверхности: пограничных областей, которые термически очень неоднородны, мест соприкосновения земных полос не только различной температурой, но также и различных *темпов* нагревания.

Такие пограничные области должны иметь большое значение для различных геологических и геофизических явлений, и на этих полосах должны иметь место новые явления, в других областях отсутствующие.

Один-два примера не бесполезны. Первый пример: пограничные области между сушей и глубоким водным бассейном. Эти области всегда должны быть неустойчивы, ибо они отвечают поверхностям соприкосновения двух масс вещества, которые непрерывно и сильно нагреваются, но с резко различным темпом. Выраженные в калориях эффекты, например на границе океана и гранитных массивов суши, могут быть во много тысяч раз больше на одной стороне поверхности соприкосновения, чем на другой. Эта разница должна проявиться в различных явлениях: в электромагнитных явлениях, в земных электрических токах, в химических и механических процессах. На карте эта разница будет отмечена линиями раздела различной интенсивности – *георадиоактивными кривыми*, ибо при определении теплового эффекта колонок мы получим на карте георадиоактивные кривые, соединяющие точки одинакового теплового эффекта. Между ними и, например, различными магнитными линиями может быть связь.

Георадиоактивные кривые должны существовать везде на суше. Они резко всего проявляются как линии раздела резко различных геологически-термических областей. Такие радиоактивные кривые могут не совпадать с границами поверхностей различных пород, так как георадиоактивные кривые отвечают проекциям поверхностей раздела между различными термическими областями биосферы (мощностью 1 км).

Области, которые в пределах этой мощности не содержат или мало содержат массивных горных пород, состоят всецело из известковых или песчаных пород и богаты или бедны подземными водами, должны быть термически в корне различны от областей, которые сложены из массивных вулканических или плутонических горных пород.

Только на деле – при составлении и обработке таких радиоактивных карт – будет ясно, насколько мощно это новое орудие научной работы. Сейчас логическая оценка научного значения этих столь мало знакомых областей всегда сомнительна, так как никто не может предвидеть результатов исследований. Надо карту построить.

Такая карта должна иметь еще и другую важную цель, еще другое глубокое значение: она должна позволить исчислить запасы энергии биосферы. Полная энергия биосферы составлена из различных форм энергии: из энергии солнечного излучения, энергии тяготения (например, приливы и отливы и пр.) и из радиоактивной атомной энергии. Первая известна и может быть точно выражена численно, вторая может быть численно оценена в ее важнейших компонентах (в приливах и отливах)¹; третья может быть вычислена из радиоактивной геологической карты. Это вычисление должно дать вместе с тем возможность судить о полном запасе энергии, которая доступна живым организмам, так как жизнь в биосфере исходит из двух главных источников энергии – из солнечного излучения и из атомной радиоактивной энергии².

ТОРИЙ ИЛИ МЕЗОТОРИЙ В МОРСКОЙ ВОДЕ?*

1. Работы русских ученых в последние годы вскрыли явления огромного, еще не вполне осознанного значения в истории радия. Получается совершенно новая картина его распределений в земной коре – в стратисфере. Открывается его негаданная концентрация в подземных водах – в пластовых – и, может быть, в водах подземных водоемов. Выясняется огромный новый источник добычи радия – нового типа – руда радия и мезотория, позволяющий ставить реально на обсуждение проблему концентрации значительных количеств радия (и мезотория) для научного и научно-прикладного исследования атомной энергии как источника новой силы.

Работами главным образом Государственного Радиевого института, разных учреждений бывшего Геологического Комитета и Академии наук СССР установлено нахождение богатых радием и – иногда? – мезоторием подземных вод на глубинах в сотни метров, глубже километра от земной поверхности в ряде нефтеносных районов: на Ухте, Чусовских городках, Эмбе, Грозненском районе, Дагестане, Апшеронском полуострове (Баку), Челекене, Нефтедаге, Фергане. На всем огромном протяжении от бассейна Печоры до Предкавказья, Закавказья, берегов Каспийского моря и Ферганы – во всех изученных

¹ А также тектонических смещениях. См. важные замечания проф. Люжона (*Comptes Rendus. Acad. Sci. Paris*, 1932).

² Есть еще одна форма радиоактивной карты, которая сейчас привлекает внимание Радиевого института. Это количественное изучение рассеянных радиоактивных атомов – U, Th, Pa, Ra, K, Rb и т.д. – в количественном их распределении, нанесенном на детальную геологическую и минералогическую карту.

* Впервые опубликовано в: *Природа*. 1932. № 5. С. 413–426.

[См. также Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. С. 637–643. – *Ред.*]

³ Об этих же терминах и о пластовых водах биосферы см. *В. Вернадский*. Пластовые воды биосферы и стратисферы. Соц. реконстр. и наука. М., 1932.

⁴ Государственным Радиевым институтом становится вопрос о создании государственного фонда для этой цели.

нефтеносных бассейнах Союза мы встречаемся с одним и тем же мощным новым природным явлением – с обогащением радием глубоких соленых и рассольных, холодных (Ухта) и горячих (Грозный) подземных вод нефтеносных районов¹. Некоторые из этих подземных скоплений вод очень мощны, и, очевидно, количества радия, там сосредоточенного, очень велики.

2. Количество радия в этих водах выражается в весовых процентах от 10^{-9} (может быть, $10^{-8}\%$) до $10^{-11}\%$ и ниже. Число, на первый взгляд, очень малое; ведь это самое большое – несколько стомиллионных процентов веса воды!

Однако в действительности для радия это несомненная концентрация.

Руды радия, в зависимости от темпа его создания и распада, в форме урановых минералов² никогда не дают больше $2,5 \cdot 10^{-5}\%$ радия; в процессах изменения содержащих радий тел, при вторичной концентрации его путем миграции, в минералах и породах, не содержащих урана, радий нигде не встречен до сих пор в количествах больше $1 \cdot 10^{-5}\%$ ³. Чистые радиевые соли, полученные в лаборатории, или легко обогащенные им изоморфные смеси не встречены в природе и едва ли могут в ней находиться. Порядок немногих сотысячных долей процента – предел его земной концентрации, его руд. При этих условиях незначительные концентрации в воде, равные 10^{-8} – $10^{-11}\%$, могут являться рудами, так как экономическая добыча радия из них может быть выгодной. Твердые руды радия, из которых его добывают обычно, содержат его количества порядка 10^{-6} – 10^{-7} , редко $10^{-5}\%$.

Но, помимо этих соображений, связанных с условиями человеческой жизни, концентрации радия в этих водах отвечает его концентрации в земной коре в кислых массивных породах, являющихся в биосфере и в стратисфере участками, обогащенными радием.

Обычные поверхностные воды суши содержат радия не более $10^{-12}\%$ и ниже, воды морей – примерно того же порядка, для океана не превышающие $10^{-14}\%$ и часто меньшие и тогда количественно для нас неопределимые по своей малой величине. Для минеральных источников, для вод, связанных с вулканами, для вод, идущих из глубины, из стратисферы и ниже, только в исключительных случаях получают числа, доходящие до $2 \cdot 10^{-11}\%$; обычно радия в них меньше $10^{-13}\%$ (т.е. они для наших приборов уже кажутся его не содержащими). Любопытно, что для горячих («ювенильных») минеральных источников, которые в общежитии и в медицине считаются сильно радиоактивными, их радиоактивность обусловлена не содержанием радия, а содержанием быстро преходящей радиевой эманации, радона. Для хорошо изученных с этой точки зрения стран, например для Финляндии, из многих сотен радиоактивных источников лишь очень немногие содержат радий в весовых количествах, не больших $2 \cdot 10^{-11}\%$.

3. Новое, найденное нашими работами, явление заключается, следовательно, в том, что вскрывается в стратисфере неожиданная, богатая радием

¹ По исследованию экспедиции Государственного Радиевого института (Л.В. Комлева и его сотрудников), подземные воды Майкопского нефтеносного района в его широком проявлении не содержат концентраций радия. Но нефть этого района «сухая»; воды здесь иного характера. Нет концентраций радия и в некоторых районах Бакинских месторождений.

² Теоретически для чистого урана предел $3,4 \cdot 10^{-5}\%$ радия.

³ Радиобарит, найденный в Тюя-Муяне, в Фергане, К.А. Ненадкевичем. По В.Г. Хлопину и М.А. Пасвик (1928), в нем $9,97 \cdot 10^{-6}\%$ радия.

область вод, отсутствующих и в биосфере (все наземные воды), и в более глубоких слоях земной коры (воды вулканов и минеральные источники).

В этих подземных – промежуточных по положению – водах, как это легко вычислить, содержатся такие количества радия, которые превышают его количества в известных по сей час урановых месторождений всего мира. Возможно, что из практически серьезных концентраций радия это будут самые мощные его скопления.

Как известно, самые большие массы радия в земной коре рассеяны в массивных породах: количество радия в них колеблется в пределах 10^{-8} – $10^{-13}\%$, причем наибольшие концентрации наблюдаются в кислых породах.

Подземные воды стратисферы не выходят за эти пределы. Но они отличаются тем, что, благодаря их подвижности, радий в них может перемещаться легче, чем в твердых породах, и, следовательно, легче может из них добываться.

Вместо добычи его из твердых руд в 10^{-5} – $10^{-7}\%$ Ra, мы можем добывать его из жидких концентраций и 10^{-9} – $10^{-11}\%$.

4. Происходит сейчас не только изменение добычи радия, но и изменение всех наших представлений о его геохимической истории¹.

Не может быть сомнения, что это явление не местное, а должно иметь проявление и в других странах; оно должно быть общим для всей стратисферы. Очевидно, в ближайшее время оно будет констатировано и вне территории Союза.

Мы уже имеем такой случай для окрестностей Гейдельберга, где Беккерелем были открыты еще в 1922 г. аналогичные воды и тогда же геологически были изучены проф. Заломоном. Лишь через 4 года А.А. Черепенниковым и Л.Н. Богоявленским указаны такие же воды Ухты. В Гейдельберге мы имеем ту же связь с нефтяным месторождением; характер вод очень аналогичен. Эти воды были сперва связаны с гранитными массивами, но после наших работ проф. Заломон-Кальви признал тождественность им явления с указанными русскими учеными большим земным процессом².

5. Многочисленные проблемы возникают при углублении в это явление. Они сейчас изучаются в наших лабораториях. К сожалению, малая их научная мощность не позволяет вести дело с нужной быстротой и точностью³.

Я не буду на этих проблемах сейчас останавливаться, не буду также касаться вопроса огромной важности для познания нефтей – о связи этих подземных вод с нефтью и их химическом характере. Остановлюсь только на связи этих вод с историей тория и на некоторых вытекающих из этого следствиях. Уже в 1926–1927 гг. в некоторых – пока – из этих вод было установлено А.А. Черепенниковым, В.И. Барановым и И.Д. Курбатовым новое свойство, заставляющее обратить на них особое внимание и возбуждающее новые проблемы, выходящие за пределы геохимической истории радия.

Было ими установлено, что некоторые из этих вод не содержат тория и его изотопов, а содержат впервые в природе найденные изотопы радия – мезоторий первый и торий X.

¹ См. Очерки геохимии; *A. Holmes*. Bull W.S. Nation. Reseach Council. 80 W., 1931 (в обеих книгах указана литература).

² См.: *Salomon-Calvi*. Sitzber. d. Heidelberg. Akad. d. Wass. H., 1931.

³ Сейчас Радиевый институт возбудил вопрос о срочном превращении его в научную организацию, отвечающую и государственному и научному значению радиоактивности.

Соли радия, получаемые из таких вод, являются новым, никогда раньше не получавшимся продуктом промышленного значения; можно назвать его *радием-мезоторием*.

Это продукт имеет свои особые своеобразные свойства¹.

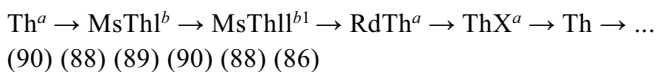
6. Для того, чтобы яснее представить, что такое происходит в этих водах, необходимо остановиться на некоторых свойствах радия и тория.

Атом тория (порядковое число 90), подвергаясь радиоактивному распаду, прежде всего дает изотоп радия – мезоторий I (порядковое число 88). Этот изотоп радия, химически от него неотличимый, в 6, 7 лет потеряет половину своего веса, превратившись в дальнейшие продукты распада и в значительной части давши в то время ториевый свинец (атомный вес 208,0, порядковое число 82). Практически от одного грамма мезотория через 46,38 лет станет только 7, 8 мг – весь остальной мезоторий (химический радий) исчезнет.

Кроме этого изотопа радия, торий дает еще другой его изотоп ThX (порядковое число 88), половина массы которого исчезает в 3,64 дня, превращаясь сперва в газообразное тело *торон* (ториевую эманацию, порядковое число 86), половина массы которого в 54,5 секунды превращается в еще более скоротечный продукт ThA (изотоп Болония, порядковое число 84). В ходе этого изменения атом тория дает еще один изотоп тория же – *радиоторий* – RdTh, половина которого исчезает как радиоторий в 1,90 лет.

В радионосных водах, таким образом, находятся все изотопы радия и не находится торий и его изотопы. Так как в них находятся такие изотопы радия, как ThX (из грамма которого через 27,48 дня останется всего 7,8 мг), то ясно, что торий и его изотопы выпадают где-то поблизости, но в то же время находятся в соприкосновении с этими, получаемыми бурением, водами.

Генетическая связь между этими телами следующая:



В нормальном тории, входящем в земные минералы, находятся всегда в пределе:

MsTh I	$4,2 \cdot 10^{-8}\%$ (по весу)
MsTh II	$5,2 \cdot 10^{-12}$ »
RdTg	$1,5 \cdot 10^{-6}$ »
ThX	$7,4 \cdot 10^{-11}$ »
Tn	$1,2 \cdot 10^{-14}$ »

Если изотопы радия, происходящие из тория и находящиеся в этих водах, происходят из соединений тория, очень недалеко лежащих от вод, то их количество в максимальном пределе определяется этими числами радиоактивного равновесия.

Характерно для этих вод, что в них нет и получаемого из урана изотопа тория – иония (порядковый номер которого равен 90, половина массы его исчезает как ионий в 119 000 лет)²; распадением атома иония образуется радий.

¹ Через 50 лет в нем мезоторий первый почти нацело (99,22%) исчезнет, перейдет главным образом в ториевый свинец.

² Число М. Кюри (1930); Резерфорд (1930) принимает 76 400 лет.

Исходный для радия уран в этих водах также не найден, что необходимо, конечно, учитывать при объяснении причин отсутствия в них тория.

7. Установление существования вод, несущих радий, происшедший из урана, и его изотопы, происшедшие из тория, и в то же время не содержащих тория и его изотопов, происшедших из урана, заставляет обратить внимание на другое, грандиозное и важное явление в истории природных вод и радиоактивных элементов, получающее сейчас новое освещение.

Это явление – *радиоактивность морской воды*. Удобнее в дальнейшем выразить ее в геологическом аспекте и говорить о радиоактивности гидросферы.

Гидросфера образует прерывчатую геосферу. Она охватывает около 79,2% поверхности и сосредоточивается в одной половине – в одном полушарии – биосферы. Если принять один из мелких островков в устье Луары – недалеко от Парижа – за центр (северный полюс) полушария, то в этом полушарии поверхности суши и океана почти одинаковы (53,5% воды, 46,5% суши), но вода преобладает. Это – континентальное полушарие. Ему противоположное (центр – южный полюс – около Новой Зеландии) – водное (89,5% воды, 10,5% суши).

8. Такое диссимметрическое распределение водных соленых масс на нашей планете, чем бы оно не было вызвано, имеет огромное значение во всех процессах в биосфере, больше того – во всей земной оболочке происходящих.

В частности, оно выражается в резко различном распределении тепловых процессов, в различном термическом эффекте вещества, строящего оба полушария.

Если кубический километр континентального полушария дает в среднем тысячи или десятки тысяч калорий в год, то кубический километр водного полушария дает тепла примерно в сотни раз (если не больше) меньше.

С ходом времени это различие все повышается в своих проявлениях. Динамика земной коры в конце концов этим определяется. Накопляется огромное расхождение в притоке тепловой энергии в двух полушариях биосферы в течение геологического времени.

9. Понятно поэтому, какое огромное значение имеет точное установление константы годовых калорий атомной энергии для морской воды, для гидросферы и для водного полушария в частности.

Число годового выделения тепла будет известно, если точно будет известен весовой (или атомный) процент основных химических элементов, являющихся источниками атомной энергии урана, тория, калия и рубидия. Из них нам это число с точностью известно только для калия. Для рубидия и урана оно не известно. Для рубидия необходимо проверить числа А. Шмидта¹. Для урана у нас нет никаких данных; между тем из изучения геохимии урана вытекает, как будто, несомненный вывод, что уран должен собираться в морской воде, где он до сих пор с точностью не доказан².

Для тория есть данные, но они резко противоречат известной нам его геохимической истории.

¹ См. В. Вернадский. [Изб. соч. Т. 1 – Ред.], с. 461.

² См. Очерки геохимии. Сейчас в радиовом отделении Kaiser Wilhelm Institut в Берлине – Далеке поставлена проверка этого моего вывода. См. О. Навм. Die Naturwissenschaften. В. 1932.

10. Геохимическая история тория характеризуется его инертностью и неизменностью в биосфере¹. К сожалению, его нахождение в организмах, впервые констатированное Е.С. Бурксером², и его нахождение в природных водах сделаны в условиях, в которых нельзя решить, имеем ли мы дело с *ториумом* или *мезоториумом*.

Все эти определения сделаны путем исследования содержания торона; исходя из его количества, вычисляют предполагаемое содержание тория, не учитывая того, что совершенно то же явление даст мезоторий, путем миграции оторвавшийся от тория. Химических проб на торий нет³. Радионосные воды стратисферы открыли нам как раз эту карту, заставляющую пересмотреть вопрос в целом для организмов и для вод⁴.

11. Для тория мы знаем только минералы, которые выделяются – при чуждых биосфере условиях – из расплавленных магм, из пегматитовых выделений. Содержащие торий, но бедные им тела в отдельных случаях выделяются в гидротермальных отложениях как примесь к урановым соединениям. В последних стадиях пегматитовых образований, когда температура (и давление) понижается и газообразные «растворы» переходят в водные растворы, когда происходит переход к гидротермальным процессам, ториевые минералы изменяются, захватывают воду, но не переходят в раствор.

Мы не знаем ни одного природного соединения тория, выделенного из обычного типа водных растворов (резкое отличие от урана).

Торий выпадает из водных растворов в форме гелей, по-видимому, чрезвычайно легко; вероятно, это указывает на его нахождение в воде не в виде ионов.

Благодаря малой растворимости ториевых соединений в условиях биосферы (и стратисфере), он концентрируется – для соединений большой твердости (например, монацит, торит и т.п.) – в россыпях; более мягкие ториевые минералы должны истираться. Поэтому надо искать торий в мутях, которыми проникнуты природные воды⁵. Он находится в этом состоянии в водных осадках. Сильно дисперсные муты не отличимы для нас от золь.

Такая инертность тория, облегчающая миграцию из него совершенно иного химического характера элементов, каков мезоторий первый, вероятно, связана с резким изменением химического характера его кислородных соединений, естественно известных для него в земной коре.

ThII – основание в условиях биосферы и сильный кислотный ангидрид в более глубоких оболочках земной коры – оболочках метаморфической, гранитной и эклогитовой (базальтовой).

12. В морской воде процентное весовое содержание тория считается равным, по разным исчислениям, 10^{-5} – $10^{-7}\%$.

Эти числа стоят совершенно одиноко среди всех без исключения измерений тория в водах и, очевидно, не могут считаться принадлежащими с несомненностью к торию.

¹ См. Очерки геохимии.

² Е. Бурксер, В. Кондогури, В. Милевская, К. Бронштейн. Biochem. Zeitschr. 233, В., 1931, 5. 58.

³ Сейчас поставлена эта задача в Биологической лаборатории Академии наук для организмов, в Радиовом институте – для вод.

⁴ Характерно, что числа Бурксера для растений (правда, наземных) дают содержание того же порядка, как для «тория» морской воды.

⁵ К сожалению, муты на радиоактивность специально не изучаются. Но радиоактивность природных водных осадков, из них образуемых, ясно указывает на такой характер мутей.

Определение тория в морской воде по торону может считаться доказательством его присутствия только в том случае, если присутствие тория химически доказано. В противном случае оно указывает, что в морской воде есть 10^{-5} – $10^{-7}\%$ Th или же 10^{-13} – $10^{-15}\%$ MsThI.

Это то, что сейчас необходимо решить. Наше понимание геохимии тория заставляет предполагать скорее последний случай.

13. Откуда может взаться мезоторий первый в морской воде?

Учитывая сказанное выше о судьбе соединений тория в биосфере, можно думать, что ториевые тела, находящиеся в океане, рассеяны в морской воде в виде той медной мути, на значение которой только теперь начинают обращать внимание. Работы, например, В. Корренса в последнее время указали, что вся толща воды Атлантического океана, и очевидно и всех остальных, проникнута этой мутью размером $2 \cdot 10^{-3}$ – 10^{-5} см в диаметре.

Ее созданием может быть растворяющийся в воде изотоп радия – мезоторий первый, создающий торон.

Это представление позволяет проверку: можно испробовать химически на торий отфильтрованную (тория не будет) и неотфильтрованную (торий будет) океаническую воду.

14. Как бы то ни было, совершенно неожиданно изучение глубоких вод стратисферы, пока нефтеносных районов¹, приводит нас к выявлению одного из важных черт механизма биосферы.

Как уже указано (§ 8), одной из задач геохимического исследования океана является сейчас точное установление калорического эффекта его воды, т.е. тепловой энергии, которую она испускает.

Мы знаем для нее только количество тепла, в такие воды испускаемое атомами калия, мы ищем сейчас это число для рубидия, ищем, есть ли в море уран или только один мигрировавший радий. Изучение пластовых радионосных вод стратисферы ставит тот же вопрос и для тория: есть ли торий или один мигрировавший изотоп радия – мезоторий первый в морской воде?

В случае если торий (и уран) в морской воде отсутствует, тепловой эффект – свободная энергия – гидросферы значительно понизится.

Если мезоторий первый получается из рассеянной в океане мути, понижение будет менее значительное, чем если он происходит (в вековом геологическом равновесии) из тория океанической донной грязи.

15. Таким образом, о составе и свойствах океанической воды вопрос поставлен изучением пластовых вод нефтеносных районов суши. Он, очевидно, скоро будет решен.

Пластовые воды стратисферы и современная вода океана – казалось, чуждые друг другу тела природы.

А между тем, мы ярко видим на этом примере, как новые открытия в области вод нефтяных районов заставляют по-новому подходить к химическому строению океана, новое в нем видеть.

Все воды нашей планеты представляют единое целое.

¹ Сейчас ставится Радиевым институтом изучение на радий соленых вод и рассолов, явно не связанных с нефтью. Если такие соленые и рассольные воды найдутся, будет решен вопрос о связи радия пластовых вод стратисферы с нефтью. Связь его с нефтью может быть следствием способности органических веществ поглощать уран, на значение которого мною было обращено внимание уже в 1915 г., или способности организмов поглощать радий, см. «Тр. Биогеохим. лаб.», Л., 1932, с. 9.

ПРОБЛЕМЫ РАДИОГЕОЛОГИИ*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Я печатаю здесь мои лекции по радиогеологии, прочитанные мною в Парижском Университете 19-го и 22-го декабря 1933 г.

Я даю их текст, восстанавливая те сокращения, которые пришлось сделать при чтении лекций по недостатку времени.

Я прибавляю некоторые библиографические указания, которые помогут читателю разобраться в литературе.

Наконец, я выражаю свою благодарность Пьеру Юрбен (P. Urbain), который любезно взял на себя труд корректуры моего текста.

Прага, январь 1934 г.

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

Десять лет тому назад я прочел в Сорбонне ряд лекций по геохимии, новой тогда науке, относящейся к ряду геологических. Она создалась в тесной связи с тем большим научным движением, которое характеризует наш век и которое вызвало глубокое изменение наших воззрений на строение Вселенной, на время, на пространство, на материю и энергию.

С тех пор влияние новых воззрений на Вселенную укрепилось. Стремление научной мысли вперед не замедлилось. Новые горизонты открываются пред нами в геологии: в 1923 году еще не было возможности их видеть, но можно было предвидеть их появление.

Работы этих последних лет позволяют нам говорить с полной определенностью о новой отрасли геологических наук: *о радиогеологии*. Эта наука, как мне кажется, должна изменить самые основы геологических воззрений еще глубже, чем это сделала геохимия. Она затрагивает явления радиоактивности, т.е. явления распада атомов – процесс, который наука считает самопроизвольным и независимым от окружающей среды, как в условиях различных участков нашей планеты, Земли, так и в масштабе явлений геологических, одинаково, как в пространстве, так и во времени.

Дать общий взгляд на эту науку, постараться рассмотреть главнейшие ее принципы, проследить их отражение на основах геологии, которые установились около 150 лет тому назад и остались неизменными с того времени, такова цель, которую я себе поставил, поскольку можно ее достигнуть в короткий промежуток времени двух лекций.

Я долго колебался, прежде, чем решился взять слово. И не только потому, что эта отрасль геологии еще никем не была изложена до сих пор (поскольку я знаю), но и потому, и это в первую очередь, что невозможно избежать, касаясь этой области науки с общенаучной точки зрения, представлений гипотетических в более широком масштабе, чем я привык это делать.

Действительно, радиогеология в своем современном состоянии еще не располагает необходимым минимумом числовых данных, точных и объек-

* Лекции, прочитанные в Парижском Университете в декабре 1933 г. Опубликовано в: *Le problème de la radiogéologie*. Paris: Herman, 1935. 67 p. На русском языке публикуется впервые. Перевод А.Д. Шаховской.

тивных, которые были бы распределены систематически во всех ее областях и дали бы возможность построить на их твердом основании эмпирические обобщения.

Но если не хотеть ждать (а чего ждать? случая?), нужно прежде всего дать понять важность тех проблем, которые ставит радиогеология, бесчисленные конкретные объекты которой проходят перед нами каждую минуту, на каждом шагу, но остаются незамеченными и незарегистрированными и исчезают, не оставив следа.

Чтобы прекратить такое положение вещей, нет другого средства, как рискнуть выставить научные гипотезы, выбирая преимущественно такие, которые имеют шансы быть быстро проверенными, даже хотя бы для того, чтобы привлечь внимание и указать на необходимость быстро собрать эмпирические данные, которых сейчас еще не хватает. Эти гипотезы вызовут несомненно наблюдения новых научных фактов.

§ 2. РУКОВОДЯЩИЕ ИДЕИ РАДИОГЕОЛОГИИ

Бесчисленные факты, составляющие Науку, определяются теми задачами, которые были выставлены когда-то давно, или которые еще сейчас стоят на очереди дня.

В развитии науки небольшое число руководящих идей и общих принципов определяют основные черты дальнейшей работы над ее ростом.

В рамках этих идей и принципов распределяются большие и маленькие проблемы; они привлекают внимание ученых и вследствие этого состояние науки непрерывно меняется в ходе времени.

Руководящие идеи, основные проблемы, эмпирические факты и методы наблюдения – этого достаточно, чтобы ясно отделить ту или иную науку от соседних; разбирая их, достигают общего взгляда на науку, возможно более широкого, определяют постоянную часть ее структуры.

В частности, путем такого рассмотрения, можно отделить радиогеологию от других отраслей геологии.

Чтобы определить радиогеологию, достаточно рассмотреть ее руководящие идеи и перечислить главные черты ее эмпирического здания, уже фактически постоянного. Роль первых и важность второго часто не сознаются геологами в ущерб их работе.

Между этими руководящими идеями я буду различать те, которые выведены эмпирически и являются общеобязательными, и те, которые являются гипотезами. Конечно, и эти последние не лишены реальных оснований, но число проверенных фактов, на которые они опираются, недостаточно для того, чтобы их можно было считать эмпирически точно установленными.

1902 год – это год, который должен стать отправной точкой для зарождения радиогеологии.

До 1902 года она не существовала.

§ 3. ЭТАЛОН ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

Первое большое понятие радиогеологии было впервые высказано 30 лет назад и это не только дата начала новой отрасли геологии, но, кроме того, и важный факт в истории научной мысли.

Оно было высказано Пьером Кюри (Pierre Curie) в 1902 году, и в следующем году тот же Пьер Кюри сделал совместно с Лабордом (L. Laborde) решающий опыт относительно теплового эффекта радиоактивных атомов, который немедленно вызвал вторую руководящую идею. Пьер Кюри дал новое понятие *эталона земного времени*: действительно, атомы в процессе распада всех радиоактивных элементов могут представлять собой такой эталон. Кюри тогда не опубликовал ничего по этому вопросу: он оставил только маленькую заметку в протоколах Парижского физического общества, в заседании которого он сделал свой доклад.

Эта заметка осталась неизвестной за границей.

Двумя годами позже та же мысль была высказана независимо Е. Резерфордом (E. Rutherford) в Монреале (Канада), затем, еще годом позже и тоже независимо от предыдущих, профессором Болтвудом (Boltwood) в Чикаго, который окончательно ввел ее в науку, обосновав ее эмпирическими фактами (1905).

Форма выражения, которую дал этому понятию Пьер Кюри, мне кажется наиболее глубокой и широкой. Оно совершенно новое и не имеет предшественников в научной мысли. Эта новизна объясняет причину, почему оно так медленно проникало в сознание специалистов и почему оно было принято с таким запозданием геологами.

И только теперь, т.е. больше, чем через 30 лет, оно принято окончательно.

Существование эталона времени в земном веществе дает возможность установить при помощи точного знания числа и характера всех радиоактивных элементов, содержащихся в каждом кубическом сантиметре вещества, возраст этого последнего в годах.

Становится возможным отделить при помощи чисел древние части планеты от молодых. Возраст самой планеты может быть вычислен таким же образом.

§ 4. РАДИОАКТИВНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ТЕПЛОТЫ ЗЕМНОГО ШАРА

В следующем же году (1903), непосредственно после открытия Пьером Кюри и Лабордом теплового эффекта радиоактивных элементов, профессор минералогии и геологии в Дублине Джон Джоли (John Joly), скончавшийся несколько недель назад, вывел из этого открытия второе эмпирическое обобщение, вторую руководящую идею в радиогеологии.

Дело идет о глубокой связи между атомным составом нашего земного шара и явлениями, наиболее привлекающими наше внимание на земной поверхности: орогеническими и тектоническими движениями земной коры.

В земной коре существуют атомы, которые представляют огромный источник геологической энергии: Джон Джоли первый это понял, и это была также совершенно новая идея, не имеющая корней в научной и философской мысли.

Эта новая геологическая энергия, совершенно непредвиденная и до этого неведомая, строго пропорциональна числу и характеру различных радиоактивных атомов, существующих в земном веществе. Она может – и должна –

быть измерена и вычислена: количественный анализ, химический и радиофизический даст для этого надежное средство.

Но в то время, как понятие эталона времени было выражено во всей его полноте в превосходной формулировке Пьера Кюри, это было не так с той идеей, которую вывел Джоли из опытов Кюри и Лаборда.

Она охватывает только часть тех заключений, какие можно вывести из этого большого и важного открытия. Д. Джоли искал только объяснения внутренней теплоты Земли, или более точно, большого жара, который господствует в глубоких слоях под поверхностью земной коры.

Существование этого внутреннего жара было доказано и опытным путем и выведено логически еще в XVIII веке знаменитым ученым Эдинбурга Джоном Гёттоном (John Hutton), который, кроме того, указал, что ее отражения в биосфере так же многочисленны, как и важны. Гёттон не делал никаких предположений об источнике этой высокой температуры. Он довольствовался тем, что установил существование внутренней геологической силы. Эта сила способна противодействовать внешним геологическим силам, т.е. действиям вод и надземной атмосферы. Газы и воды разрушают и растворяют твердую материю Земли; внутренний жар действует в обратном направлении.

В течение более столетия искали источник этой внутренней теплоты в явлениях космических и в процессах космогонических: гипотезы, более или менее приемлемые, независимые от геологических фактов, господствовали тогда в науке.

Джоли был первый, который понял, что теплота имеет своим источником Землю. Опираясь на измерения Р. Стрётта – теперь лорда Рэлея (Rayleigh) – и на свои собственные, он мог установить, что теплоты этого источника достаточно, чтобы объяснить все геологические явления, для которых необходимо принять существование внутреннего жара Земли.

§ 5. НЕУЖНОСТЬ КОСМОГОНИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В ГЕОЛОГИИ

Понятие, введенное Джоли, приводило непосредственно к выводу: космогонические гипотезы, относящиеся к происхождению Земли, представления геогенические делаются совершенно ненужными в геологии.

Это заключение не является общепринятым.

Для геологов и геофизиков старые теории все еще живы и не потеряли своей ценности, теории, которые представляют Землю, как планету, первоначально раскаленную, а имеющуюся сейчас твердую кору, как результат застывания ее и сокращения вследствие охлаждения в течение геологического времени.

И такое положение вещей все еще удерживается не только благодаря рутине или благодаря привычке. Многие обстоятельства этому благоприятствуют.

Первое – это недостаточность точных количественных наблюдений над тепловым режимом Земли согласно новым представлениям, как мы это увидим дальше. Постоянные – планетные константы – которые его определяют еще недостаточно изучены.

Если основной вывод не вызывает никакого сомнения и если теплота радиоактивных процессов достаточна, чтобы объяснить *всю внутреннюю теп-*

лоту земного шара, радиогенный термический эффект не может быть еще выражен точным числом: он был вычислен, но он не был измерен.

Во-вторых, старые космогонические представления происхождения и истории планеты (в связи с происхождением и историей Солнечной системы) пытались не раз отрицать, но не могли заменить их никакими другими представлениями. Эти представления овладели наукой, они связаны по крайней мере в большей степени с астрономическими теориями, основанными на эмпирических фактах и глубоко обоснованным математическим анализом.

Первое представление о тепловом режиме Земли – чисто эмпирическое; но оно имеет против себя то обстоятельство, что оно не может в том состоянии, в каком оно находится сейчас, дать никакого ответа на вопрос о происхождении нашей планеты.

Между тем старая космогоническая теория, опирающаяся на два столетия исканий и вычислений, приучила геологов подходить к этим проблемам, беря за исходную точку догеологическое прошлое Земли.

Это догеологическое состояние Земли само выведено из космогонических гипотез, которые не противоречат эмпирическим фактам, накопленным геологией, но которые выведены от них независимо и не нашли в них до сих пор никакого научного подкрепления. В рамках своих работ над земной корой, той частью планеты, которую единственно он реально знает и изучает, геолог не мог найти причину высокой температуры глубинных частей.

Поневоле приходилось обращаться к геогеническим и космогеническим гипотезам, которые ему давали приемлемое объяснение.

Радиологическое представление, выдвинутое Джели, дало общее объяснение этой высокой температуры без всякой гипотезы и без какого-либо расуждения геогенического или космогонического.

Оно основано на прямом геологическом наблюдении и остается в рамках выполненных геологических исследований земной коры. Оно говорит только о прошлом, опираясь на геологические факты.

Мы ничего не знаем точно о событиях, предшествовавших архейской эре. Геологическая наука знает реально планету только после этой эпохи, хотя термический радиогенный режим должен был уже существовать и раньше.

Конечно, такое состояние науки – временное. Неизбежно нужно продолжить исследование земного времени и изучить до-архейское прошлое новым эмпирическим путем, который нам открывает радиогеология.

И если новые определения нам покажут – как этого надо ожидать – что радиогенный тепловой режим количественно не оставляет места какому-либо другому источнику внутренней теплоты, сравнимому с ним по силе, то геолог должен будет склониться перед фактами и оставить космогоническую теорию, к которой он привык.

В заключение следует отметить один астрономический факт чрезвычайной важности, так как он стоит в противоречии с современными представлениями догеологического состояния Земли. Согласно этим представлениям, большие планеты Юпитер, Нептун, Сатурн, Уран – должны были бы быть раскаленными или жидкими: а о них известно теперь, что их температура чрезвычайно низка, что она лежит на много десятков больше, чем на сотню градусов, ниже нуля.

Мы увидим (§ 27), что радиогеология приводит к совсем другим взглядам на эволюцию Земли, чем геологические воззрения Лапласа.

§ 6. КОНЦЕНТРАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Через несколько лет, после того как Д. Джоли дал объяснение внутренней теплоты земной коры, третья руководящая идея была внесена в радиогеологию Р. Стрёттом (лордом Рэлеем).

Столь же новая и оригинальная, как две предшествующие, она поставила тепловую структуру земной коры в связь с *глубиной*.

Через три года после Джоли Р. Стрётт установил прямыми измерениями, что для того, чтобы объяснить термическое действие атомного распада в земной коре, надо признать, что число атомов, принадлежащих радиоактивным элементам группы урана и тория, уменьшается с глубиной (1906).

Если бы этого не было, то температура глубоких частей земной коры была бы гораздо более высокой, чем та, которая наблюдается в действительности. Числовые данные Р. Стрётта подверглись впоследствии исправлению, но его заключения остались в силе.

По Стрётту, наибольший термический эффект и самая высокая температура должна быть встречена на глубине несколько десятков километров от земной поверхности и затем уменьшаться для больших глубин. Теперь высказывают сомнения по поводу этого представления. В частности, Джоли высказывал некоторые соображения. Но несмотря на эти оговорки, основное положение остается неизменным: только думают теперь, что максимум, указанный Стрёттом, может находиться на несколько сот километров вглубь от поверхности геоида, т.е. ниже той границы, которая обычно указывается для твердой оболочки земной коры. Это – приемлемая гипотеза, которая ни в чем не противоречит основному положению Стрётта: в земной коре термический эффект проходит максимум, лежащий близко к поверхности, потом он мало помалу ослабевает с глубиной; число радиоактивных атомов должно быть меньше на больших глубинах, чем по соседству с биосферой.

Любопытно отметить, что картина, которую мы себе представляли относительно первопричины геологических явлений, изменилась незаметно, но изменилась в основном. Признавали космогоническое происхождение внутреннего жара, связывая его с космическими силами. Теперь рассматривают его и его проявления, (такие, как явления вулканические и орогенические), как явления чисто земные, обусловленные земными атомами. Наоборот, искали проявления земных сил (теллурических) в явлениях биосферы, в частности в деятельности воды и воздуха; теперь же видят, что ими управляет космическая сила, сила Солнца. Биосфера – это та часть земного шара, где космические силы действуют наиболее интенсивно.

Такая структура термического режима делает необходимым, насколько возможно, более точное изучение распространения радиоактивных атомов в различных участках Земли, так как из мысли Стрётта-Рэля вытекает, что температура всей планеты может быть очень низкой.

Возможно, однако, что существует еще другой источник внутренней теплоты, действия которого не могут быть наблюдаемы из-за радиогенного термического максимума. Но ни один эмпирический факт не требует такого предположения, а одни космогонические идеи в применении к планете недостаточны, чтобы дать нам научные указания на структуру земных явлений.

§ 7. СУЩЕСТВОВАНИЕ СОБСТВЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ У ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Заключения Д. Джоли и Р. Стрэтта не охватывают, однако, всех следствий, которые можно вывести из открытия Кюри и Ламборда.

Четвертый руководящий принцип может быть высказан так: всякое земное тело, всякий участок земной поверхности обладает своей собственной температурой, которая является функцией числа и характера радиоактивных атомов, заключающихся в единице объема.

Из этого следует, что температура больших областей Земли должна меняться по мере перехода от одной области к другой в зависимости от атомного состава участка и даже в том случае, когда действие солнечного лучеиспускания не оказывает своего влияния.

Обычно в геологии принимают, не говоря даже об явлениях химических и биохимических, термические проявления которых имеют в конце концов второстепенное значение, что температура больших участков суши определяется двумя первопричинами: солнечным нагреванием на поверхности Земли в биосфере и состоянием охлаждения планеты в ледниковые периоды в течение последовательных периодов ее существования. Эта мысль, которая оказывала некоторое время большое влияние на геологические понятия, оказалась быстро забытой, так как, по крайней мере, поскольку это касается текущей геологической работы, геологи не могли найти, кроме солнечного излучения, никаких следов изменения температуры Земли в течение геологического времени. Предполагаемое охлаждение всей массы шара не проявляется ни в каких геологических явлениях.

Коренное изменение наших воззрений на тепловой режим Земли совершенно изменило эти представления.

Всякое земное тело имеет в своем атомном составе собственный источник теплоты, отличный от источников теплоты, которые имеют соседние тела. Он должен обладать собственной температурой, которая является функцией: 1) его атомного строения и 2) температуры среды. В свою очередь эта последняя является функцией положения той части планеты, в которой находится рассматриваемое тело по отношению к двум источникам теплоты, только что указанным выше: солнечное нагревание и тепловой эффект радиоактивных атомов, распространение которых на земном шаре указано в руководящем принципе Стрэтта-Рэля.

Итак, здесь предлагается новая термическая теория Земли.

Она должна будет установить возможность больших разниц температуры между телами, бедными радиоактивными атомами (например, поверхностными водами биосферы и особенно океана), и температурами изверженных кислых пород, богатых этими элементами.

Эти различия должны делаться более заметными на протяжении геологического времени.

§ 8. ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОГЕОЛОГИИ

В радиогеологии атомы какого-либо радиоактивного изотопа являются не только центрами теплового излучения или распада самого атома. В действительности эти атомы способны изменять химические свойства окружающей

среды, и изменять двояким образом: 1) вызывая в них реакции, которые можно назвать *радиохимическими*, так как они происходят только в их присутствии и интенсивность их пропорциональна числу радиоактивных атомов; 2) вызывая появление благодаря распаду новых атомов, химические действия которых отличаются от действий того элемента, который подвергается распаду.

Очевидно, что это двойное действие должно иметь место в земной коре и что радиоактивные атомы проявляются на нашей планете благодаря их химическому эффекту.

Можно думать, что в истории земного шара этот химический эффект должен иметь значительные последствия и, может быть, более важные, чем те, которые можно ожидать от термического эффекта. Однако это представление только начинает вырисовываться из тумана, который его окутывал до последнего времени.

В этом отношении радиохимические реакции представляют экспериментальную область, очень заброшенную, и в ней не хватает опытной работы.

Это – наименее изученная часть радиоактивности.

Важность такого рода явлений для радиогеологии стала ясной только в 1925 г., когда профессор С. Линд из Миннеаполиса (США) связал их с проблемой происхождения нефти и когда изучение геохимии радия позволило открывать в водах нефтяных месторождений СССР факты большого научного значения, хотя те вопросы, которые они вызывают, в настоящее время еще не разрешены.

Одновременно выявились новые геохимические явления, трудно объяснимые с точки зрения общей *химии*; их объяснения нужно было искать в радиогеологии. Они вызвали появления целого ряда новых руководящих идей, отличных от тех, которые до сих пор привлекали наше внимание.

Общая их черта – это то, что они относятся к химическим явлениям, связанным с наличием радиоактивных атомов. Размеры этих явлений являются функцией числа радиоактивных атомов, присутствующих или исчезнувших, с одной стороны, и функцией времени – с другой.

Из этого вытекает, что древние участки планеты могут обладать *особой геохимией*, которая присуща только им.

Можно в настоящее время выдвинуть следующие основные принципы:

1. *Понятие о существовании важных геохимических явлений*, производимых в земной коре α -, β - и γ -излучениями, характерными для разных радиоактивных изотопов.

В дальнейшем я буду называть эти явления, к которым нужно причислить те, которые изучал С. Линд, *реакции радиохимические*: они должны представлять очень большую важность в архейских и археозойских частях земной коры.

2. *Понятие о существовании геохимических реакций*, в которых среда постоянно меняется, благодаря резкому и непрерывному появлению новых радиогенных элементов, вследствие распада радиоактивных элементов, существовавших прежде. Иначе говоря, понятие о *геохимической миграции вновь рожденных элементов* и о глубоком изменении, которые они производят в окружающей химической среде.

Отдельные факты были отмечены давно, но так как геологическая важность их оставалась непонятой, они не послужили темой для обобщения.

3. *Понятие той роли, которую играют радиоактивные элементы в возникновении электрического поля земной атмосферы.* Эта их роль ускользнула от внимания геофизиков, но только сейчас заметили возможность связать эту большую идею с геологией вообще и с радиогеологией в частности. Нужно было действительно, чтобы создалась эта новая отрасль науки, чтобы сделался ясным процесс миграции радиоактивных элементов.

Ионизирующее действие их на атмосферу было открыто супругами М. и П. Кюри в первые годы их творческой работы, и они тотчас дали ему объяснение: оно обязано своим возникновением радиоактивным газовым эманациям. Но явление во всей своей полноте было понято только через много лет после этого открытия вследствие многократных количественных наблюдений в различных частях биосферы. Участие В. Гесса (V. Hess) в этих исследованиях было очень значительно.

По своеобразному характеру этих явлений и по тем методам, создание и применение которых они вызвали, проблемы, связанные с этим третьим основным принципом, стоят особняком. Миграции атомов газов в газообразной среде, обладающих большой свободной энергией, изучены сейчас во всех их проявлениях.

Мы возвращаемся, таким образом, к вопросам, связанным со второй руководящей идеей (миграцией элементов, вновь появившихся). Мне кажется, что профессор В.Г. Хлопин заслуживает быть отмечен как первый, кто указал на важность подобного процесса; он это сделал при изучении уранового месторождения Тюя-Муюн в Фергане.

4. *Понятие о медленном глубоком непрерывном изменении всего земного вещества радиоактивными процессами в течение геологического времени.*

Это понятие, самое широкое из всех, которые составляют содержание этого параграфа, приводят к признанию, что если бы планета существовала еще несколько миллиардов лет, ее химический состав сильно изменился бы, особенно на поверхности, благодаря исчезновению старых атомов и появлению новых.

В десять миллиардов лет Земля стала бы телом, химически сильно отличающимся, может быть даже совершенно иным, чем наша современная планета.

Эта точка зрения, пока еще гипотетическая, приводит к двум выводам, которые можно рассматривать, как две отдельные радиогеологические идеи.

Первая – изменение химического состава планеты *в течение времени, крайне продолжительного.*

Вторая – проявление этого изменения *в течение короткого отрезка времени любой длины.*

Для того, чтобы это последнее условие получило осуществление, необходимо обратиться к помощи наблюдения *непрерывного и закономерного процесса*, продолжающегося во время изменения атомного состава планеты.

Такой процесс имеется в выделении α -излучений: каждая α -частица, обломки атома, вследствие радиоактивного распада вызывает появление одного атома газообразного гелия.

Отсюда следует, что вещество нашей планеты должно выделять непрерывно гелий в биосферу. Это непрерывное выделение гелия скапливается в земной атмосфере.

Если бы наносили на геологическую карту или, точнее, на карту радио-геологическую (см. § 10) все числовые данные, относящиеся к атомам гелия (количество, распределение, периодические изменения и т.д.), то можно было бы уже с сегодняшнего дня проследить этот процесс, последствия которого будут ясны только в будущем, выраженном в геологических периодах.

Чтобы избежать всяких недоразумений, следует заметить, что земная атмосфера не кончается на поверхности морей, Океана и на поверхности суши. Она имеет продолжение под землей и под водой.

Представление о непрерывном выделении гелия в земной коре, мне кажется, неоспоримым, так как оно логически выведено из твердых эмпирических фактов.

Но, с другой стороны, оно может рассматриваться как гипотеза, так как никто еще не видел и не измерил этого выделения: этот опыт должен быть сделан.

Другое представление того же порядка, это – *радиохимическое изменение*, которое неизбежно претерпевает всякое тело, содержащее радиоактивные атомы. А так как всякое земное вещество их содержит, радиохимическое изменение имеет место повсюду на нашей планете.

Однако оно должно иметь особенное значение в радиоактивных минералах, где оно может дать место совсем особым радиологическим явлениям.

Понятие о радиохимическом изменении еще не было до сих пор систематически анализировано, его задачи не получили конкретного выражения, но реальность отвечающих ему фактов не возбуждает сомнения.

Нужно его рассматривать как руководящую идею, ведущую к эмпирическому обобщению, различные стороны которого стоят на очереди дня.

Это, конечно, не все: мы очень далеки от того, чтобы охватить всецело область науки, находящейся еще только в стадии созидания, как радиоактивность. В настоящий момент рамки предложенной классификации основных принципов нас удовлетворяют; но разве может кто-нибудь сказать, что из них не выйдут новые радиологические представления?

Уже с данного момента можно отметить одну из этих новых идей: это – *разделение изотопов*, смеси которых образуют обычные химические элементы.

Атомные веса этих элементов могут колебаться, но эти колебания не могут производиться явлениями химическими. Однако их изучение является частью радиологии, так как разделение изотопических смесей, которое проявляется в колебаниях атомного веса, есть результат явлений геологических, местом которых является земная кора и, может быть, также биохимических сил, которые господствуют в биосфере.

§ 9. ОБЩИЙ ВЗГЛЯД НА СТРУКТУРУ НОВОЙ НАУКИ

Подвожу итоги сказанному: радиологическая наука располагает уже в настоящее время рядом руководящих идей, связанных в одно целое, которое отвечает различным проявлениям радиоактивности в земной коре и, более широко, во всей планете, и с которыми нельзя не считаться при изучении явлений чисто геологических. Эти идеи следующие:

I. Понятие о геологическом времени

1. *Об эталоне геологического времени.* Возможность и необходимость определять в годах возраст геологических районов и геологических явлений, путем химического и радиохимического изучения земных тел.

Природа, окружающая планету и природа Земли разнородны по отношению ко времени. Это – характерная черта Космоса.

II. Понятие о тепловом режиме

2. *О радиоактивном происхождении внутренней теплоты Земли.*

3. *О концентрации этой теплоты радиоактивного происхождения близ поверхности и об ее уменьшении с глубиной.*

4. *О радиоактивном происхождении собственной температуры, присущей всякому земному веществу.* По своим собственным природным свойствам различные районы Земли обладают температурой низкой или температурой высокой.

III. Понятие о химическом режиме

5. *О химическом (атомном) изменении Земли в течение геологического времени.*

6. *О непрерывном выделении гелия на Земле.*

7. *О существовании радиохимических процессов, производимых α -, β -, γ -излучениями.*

8. *О существовании миграций и концентраций химически радиогенных элементов, которые изменяют химическую среду земной коры.*

9. *О непрерывном выделении в земной атмосфере газовых радиоактивных эманаций с коротким периодом жизни и с большой свободной энергией, одним из проявлений которой является электрическое поле Земли.*

10. *О существовании в земной коре радиохимического изменения радиоактивных минералов, отличного от выветривания и метаморфизма.*

IV. Понятие об изотопии

11. *О существовании колебаний атомного веса химических элементов, производимого радиогеологическими процессами и, может быть, биохимическими.*

Все эти идеи – новые и не встречаются ни в одной другой науке.

Таким образом, вполне законно их не объединять, чтобы создать новую науку, *радиогеологию*, которая является отраслью общей геологии. Она охватывает выставленные ею проблемы эмпирическими фактами и своими собственными методами, которые связывают ее с радиоактивностью.

§ 10. ЭМПИРИЧЕСКИЕ ФАКТЫ

И ЧИСЛОВЫЕ ДАННЫЕ В РАДИОГЕОЛОГИИ:

ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. РАДИОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Необходимо сразу признать, что здание эмпирических фактов, которое мы только что указали, мало удовлетворительно.

В частности, геохимия радиоактивных элементов, которая является основой радиогеологии, еще очень низка, еще очень неполна. С другой стороны, нет возможности правильно представить себе распространение самих этих элементов в различных частях земной коры. Виной в этом не методы, которые точны и в достаточной мере удобны для применения, но то, что измере-

ния обычно делаются на образцах, выбранных случайно, без учета геологических условий их происхождения.

По этому поводу можно привести пример определений, которые повели к установлению значительной разницы в радиоактивности кислых пород и пород основных, разницы, которая играет большую роль в теории тепловых циклов Джоли и возражениях его противников.

Так вот, критический анализ этих данных показывает, что они в действительности не обладают той точностью, которую им приписывают. Измерения были точны, но выбор образцов, на которых они производились, сделан так, что возбуждает сомнения.

Степень точности тех «постоянных», «констант», которые из них выведены, не известна, и она, по-видимому, и не может стать выше, хотя эти числа находятся в числе лучших, которыми располагает радиогеология.

Необходимо произвести новые определения: они должны будут выполняться с критическим подходом, учитывая все требования, вытекающие из геологических условий.

Это означает, что они должны быть нанесены с наибольшей возможной точностью на геологическую карту, и на разрезы, которые их дополняют.

Вся эта работа должна быть сделана для радиогеологии. Определения пока еще так редки, что до сих пор нет никакой карты радиогеологических данных на основе существующих геологических карт.

Эта радиогеологическая карта, так понимаемая, должна будет показать количественное распределение радиоактивных атомов и значение их термического эффекта на всю мощность земной коры, геологически изученной, и для всех областей земного шара.

Она выйдет, несомненно, за рамки геологической карты, потому что она должна будет учитывать земные газы и жидкости, а также и, прежде всего, воды различных типов.

Конечно, дело идет о работе очень продолжительной, которая потребует систематической международной организации. Но ее нужно предпринять: наука всегда выдвигает задачи, требующие значительного труда.

Карта, которая будет результатом того, что мы здесь предлагаем, должна стать новой основой радиогеологических исследований; она будет играть здесь такую роль, как геологическая карта в общей геологии.

Если значение проблем радиогеологии таково, как нам это кажется, такая карта, несомненно, появится на свет.

§ 11. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАССЕЙНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Я должен остановиться на несколько минут на одной побочной проблеме, связанной с основной.

В распределении радиоактивных элементов существует факт большой важности для всех вопросов радиологического характера: это – *крайнее рассеяние*, которое характеризует эти элементы, находящиеся в ничтожных, но измеримых количествах во всяком земном веществе.

Отсюда следует, что всякое земное тело может служить эталоном времени, что его возраст может быть определен, что его действие, тепловое или химическое, может быть измерено.

К несчастью, числовые данные находятся здесь в плачевном состоянии. Геологическое происхождение изученных здесь образцов обычно неизвестно, как это было и при выборе пород: их брали из коллекций или из музеев, не заботясь о том, на каком участке Земли они были взяты. До сих пор определения Стрэтта (1906–1909) остаются наиболее надежными.

Для той специальной цели, которую он себе ставил, он мог пренебрегать геологическим происхождением, но сейчас это уже невозможно.

Разрешение всех радиогеологических проблем требует, чтобы новые определения, относящиеся к рассеянию радиоактивных элементов, производились в тесной связи с геологической картой.

Во время полевой работы лета 1933 г. русский Радиевый институт организовал сбор образцов, предназначенных для этих определений, с учетом абсолютной необходимости такой связи. Образцы собирались только из местностей, для которых существуют твердые геологические и минералогические данные: 1) в Хибинских горах (Лапландия) на участке очень древнем, бедном радием, и, как ожидали, не содержащем вовсе урана; 2) в окрестностях Байкальского озера (Сибирь) в трех отдельных районах, где радиоактивные элементы были находимы только в виде следов в первом из этих районов, во втором – торий и уран встречались в химических соединениях, и наконец, в третьем был торий при отсутствии урана; 3) в урановом месторождении Таджикистана в Центральной Азии.

Я выражаю пожелание и надеюсь на осуществление этого, чтобы количественное изучение рассеяния радиоактивных элементов, выбранных в участках, геологически и минералогически хорошо изученных, наметило бы верный путь для дальнейших исследований.

§ 12. ТЕКУЩИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОГЕОЛОГИИ

В построении всего здания науки в целом факты и эмпирические обобщения представляют собою часть наиболее долговечную; их точность увеличивается с развитием науки и их ценность сохраняется в течение веков и даже тысячелетий.

Наоборот, проблемы относятся к частям здания, наименее долговечным. Как только они разрешены, даже в том случае, если они разрешены в отрицательном смысле, они входят в рамки эмпирического научного здания и перестают быть проблемами. В эволюции науки подобный процесс характеризует каждую историческую эпоху.

И даже неудачно поставленные проблемы, которые не оставляют глубокого следа, не являются бесполезными, так как они, давая повод для собирания фактов, могут этим привести к большим и важным открытиям.

Проблема может быть актуальной для данного момента, но это только временно: наука, как таковая, это – сумма множества фактов и проверенных принципов и только они одни имеют значение в глазах ученых.

Случается и для руководящих идей и особенно для гипотез, что они становятся в положение проблем: но они остаются актуальными в течение более

долгого времени, пока в свою очередь они вольются в основное здание эмпирических обобщений.

Гипотезы, схемы, теории связаны с руководящими идеями и с проблемами, а не с окончательным научным построением.

В радиогеологии можно назвать как наиболее важные между проблемами, стоящими на очереди, следующие:

I. Проблемы, связанные с понятием эталона времени

1. *Проблема наиболее древних участков земной коры.*

2. *Проблема определения возраста осадочных пород.*

II. Проблемы, связанные с понятием о тепловом режиме

3. *Проблема термических циклов Земли.*

4. *Проблема термической неоднородности биосферы и низкой температуры Океана.*

III. Проблемы, связанные с понятием химического режима

5. *Проблемы нефтяных месторождений, рассматриваемых как поле радиохимических явлений.*

6. *Проблема миграции уранового свинца.*

7. *Проблема миграции радиогенных газов.*

8. *Проблема радиохимического изменения радиоактивных минералов.*

9. *Проблема углистых минералов, открытых в древних пегматитах.*

10. *Проблема химии древних частей планеты.*

11. *Проблема планетного выделения гелия.*

12. *Проблема образования электрического поля земной атмосферы.*

Я смогу дать только общий обзор их состояния в настоящее время, останавливаясь главным образом на проблемах химического порядка, которые наименее известны.

**§ 13. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОБЛЕМ,
СВЯЗАННЫХ С ЭТАЛОНОМ ВРЕМЕНИ**

Мы уже подчеркивали основное значение двух проблем: организации работы над радиогеологической картой и правильной постановки изучения рассеяния радиоактивных элементов. Они являются частью эмпирических основ радиогеологии и они необходимы для разрешения всех проблем, перечисленных в предыдущем параграфе.

Вот почему мы их смело оставили в стороне от этого перечисления, в котором указаны только те проблемы, которые, будучи связаны с основными руководящими идеями, являются актуальными проблемами сегодняшнего дня.

Оставаясь на этой точке зрения, постараемся дать обзор некоторых из них, указывая при этом, что они еще не разрешены, но находятся на верном пути к разрешению.

Начнем с эталона времени.

Само понятие эталона времени, как это уже говорилось выше, находится в стадии развития.

Проблема возраста Земли и отдельных участков земной коры – это вопрос, который очень часто затрагивают геологи. Но он вызывает противоре-

чия, настолько непримиримые, что противники теряют почву под ногами, а радиогеология от этого выигрывает.

Мы присутствуем при первых решительных попытках выразить точно, в числе лет, продолжительность или древность геологических явлений, которые до сих пор исчислялись только определениями стратиграфического порядка. Первый доклад, хотя и предварительный, Комиссии по определению возраста Земли при Национальном Совете Исследований Северо-Американских Соединенных Штатов (Nation. Reseach Council), опубликованный в 1931 г. в Вашингтоне, должен рассеять все сомнения, которые существовали у геологов относительно ценности радиофизических методов определения длительности геологических периодов.

Большие расхождения, которые, казалось, существовали между двумя методами до сих пор, исчезли, и можно сказать, что геологические определения после 1924 г. совпадают с определениями радиофизическими, как это показывает доклад проф. К. Шухерта.

Однако, в сущности не возраст Земли или, точнее говоря, время ее геологического существования должны бы привлекать внимание геологов.

Настоятельная задача состоит в том, чтобы определить возраст конкретных частей планеты – пород, минералов, органических остатков и датировать некоторые геологические явления, тщательно выбранные.

Возможность заменить хронологию стратиграфическую или тектоническую точным определением в годах должна внести глубокое изменение в самые методы геологии. Радиофизический анализ должен войти в каждодневное употребление геолога, как химический и микроскопический анализ.

Успехи настоящего времени радиофизического анализа в течение последних лет, большая точность, с которой следы гелия могут быть количественно определены, возможность обнаружения различных изотопов свинца, и определение их соотношений и т.д. – все это дает нам в руки могучее средство и должно помочь нам организовать работу в большом масштабе.

§ 14. ПРОБЛЕМА НАИБОЛЕЕ ДРЕВНИХ УЧАСТКОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

С настоящего времени две проблемы, связанные с предыдущими, должны глубоко интересовать радиогеологию.

Это прежде всего вопрос о наиболее древних участках суши. Как я уже указывал, в этих районах радиохимические явления должны проявляться с наибольшей силой.

С точки зрения геологической, эти части должны быть найдены среди пород археозойских или архейских.

Однако, судя по противоречиям, которые они представляют, хронологические исчисления, основанные на одной геологии, являются ненадежными. Это происходит от трудности работы, которая требует очень подробной геологической карты и которая может быть выполнена только ценой долгого и упорного труда.

Как раз здесь радиофизические определения возраста участков суши археозойских и архейских должны внести наибольшие изменения в наши воззрения.

Любопытно и очень важно с той точки зрения, которая нас интересует, что по радиофизическим измерениям, сделанным до сих пор, самый древний участок суши находится в районе, где геологи его никогда не искали и где не было никаких поводов чисто геологического характера его там предполагать.

Этот участок был обнаружен К. Ненадкевичем в Северной Карелии, Синея Пала, недалеко от Онежского озера; его результаты были освещены А. Ферсманом. Дело идет о породах, возраст которых около *двух миллиардов лет* ($1,85-2,1 \cdot 10^9$). Местность эта лежит недалеко от Финляндии, и надо сказать, что если докембрий и архей не изучаются у нас в России непрерывно, то Финляндия, как известно, является классической страной этих исследований. Финские геологи ожидали, однако, найти самые древние породы в части, лежащей к югу-западу от их страны, где они составили бы продолжение архея Скандинавии, а не к юго-востоку, в направлении к Карелии. Но до настоящего времени никаких радиофизических исследований в Финляндии не проводилось. Исследования же А. Холмса над возрастом гранитов Импилакса в юго-восточной Финляндии, недалеко от русской границы, показали, что эти породы очень близки по возрасту, почти такой же древности, как породы Синея Палы; определения Холмса дали $1,7 \cdot 10^9$ лет.

Итак, здесь находятся, согласно нашему изучению, самые древние породы земной коры. В Канаде и в Дакоте (в Северной Америке) пришли к возрасту $1,75 \cdot 10^9$ лет.

Уже больше 10 лет русские геологи и минералоги работают с большим успехом во всем районе между Карелией и Кольским полуостровом. Они думают встретить здесь, на больших пространствах, очень древние отложения. Точный их возраст будет определен в этом году русским Радиевым институтом.

Надо отметить, что здесь встречены, в древнем районе Синея Палы – так же, как и в Канаде – радиохимические явления, загадочный характер которых я указывал в § 8, и к которым я еще вернусь.

С другой стороны, нельзя упускать из виду другую проблему, которая вытекает из определений, сделанных в настоящее время в Северной Америке: канадские геологи приписывают возраст $1,2 \cdot 10^9$ лет руде настурана с Большого Медвежьего озера, которую они относят к началу лаврентьевской эпохи.

В таком случае возраст, приписываемый архею ($8,0 \cdot 10^8$ лет) для самой старой его части может показаться странным, и, вероятно, следует сделать заключение о сложности этой серии, и о существовании до-архея.

§ 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Если определение возраста изверженных пород может считаться теперь вопросом, в общих чертах разрешенным, то дело обстоит далеко не так с определением возраста пород осадочных и метаморфических, хотя оно вытекает, как и первое, из общей проблемы эталона времени.

Между тем связанные с этим радиологические вопросы представляют большой интерес.

Можем ли мы измерить в *годах* время, необходимое для эволюции живых существ на протяжении геологического времени?

Можем ли мы измерить также в годах время, необходимое для морфологического изменения организмов?

Нет сомнения в том, что радиоактивные элементы играют большую роль в биологических процессах. Один из элементов, необходимых для жизни, радиоактивен: это калий. Хотя его роль еще не ясна, можно думать, что жизнь не существовала бы без калия.

Живые организмы содержат – и накапливают – радиоактивные элементы с кратким периодом жизни, как радий и мезоторий.

Однако в них не нашли тория, хотя другие элементы этого радиоактивного ряда (мезоторий I, торий X и торон) в них накапливаются: между ними только мезоторий I имеет период существования, сравнимый по продолжительности с жизнью отдельных особей вида (6, 7 лет приблизительно).

Остается уран. Есть ли он в живых организмах? Это – задача, которую нужно решить. Но, кажется, тем не менее, что уран мог бы служить для определения геологического возраста органических осадков, даже если он в них не концентрируется биохимическим путем. Действительно, если присутствие урана в живых организмах никогда еще количественно не изучалось, тем не менее его нахождение в органических остатках, в минералах и ископаемых органических отложениях не подлежит сомнению. Присутствие урана в углистых веществах может или иметь своей причиной поверхностное поглощение (сорбция) урана живыми организмами, или быть следствием его посмертного поглощения самими углистыми веществами.

Эта проблема не может здесь обсуждаться, но, каково бы ни было ее решение, к которому придут в будущем, присутствие урана может быть использовано как эталон времени для ископаемых остатков организмов.

Явления поверхностного поглощения – сорбции – делаются вероятными благодаря аналогичному факту: накопление фтора ископаемыми костями, показанному А. Карно. В этом частном случае поглощение привело к образованию определенного и постоянного соединения: кальциевого фтор-апатита.

Это накопление фтора по возрасту не может быть отнесено дальше верхнетретичного периода, т.е. одного или двух миллионов лет самое большее ($1,0-2,0 \cdot 10^6$ лет)¹. Для урана, по-видимому, не существует определенной границы времени. С этой точки зрения количественное изучение органогенных минералов (нефтей, асфальтов, углей) покажет, можем ли мы использовать присутствие урана чтобы определить геологический возраст органических остатков.

Интересное открытие профессора Руайе (Royer) в Алжире дало, с другой стороны, возможность отличать углистые вещества, изучая диссимметрические фигуры коррозии, которые они дают на кальците².

¹ Весь верхнетретичный период продолжался десять миллионов лет, самое большее.

² См. *Royer: Bull Soc. Fr. de Miner.* 1930.

§ 16. ТЕРМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Понятие о радиоактивном происхождении высокой температуры внутри Земли вызвало, благодаря инициативе Д. Джоли, обширные исследования и постановку самых широких радиогеологических проблем.

Самое широкое обобщение в этой области – это, несомненно, теория существования нескольких термических циклов в истории земного шара: научное обсуждение, вызванное этой теорией, еще не закончено.

Накопление все увеличивающегося числа фактов привело мало-помалу к заключению, что наиболее важные явления в геологии имеют характер периодических.

Таковы процессы орогенические, образование горных хребтов, явления вулканизма, изменение береговой линии морей, трансгрессии, наступания моря и многие другие. Для них существуют периоды относительного покоя и периоды усиливающейся активности, которые повторяются много раз на протяжении геологического времени. Сопоставляя совокупность всех этих фактов, приходится признать, что существует периодичность – совпадение в одну геологическую эпоху самых разнородных, на первый взгляд, явлений, вплоть до резких в геологическом смысле изменений, установленных для эволюции видов.

Становится, таким образом, очевидным, что единая и могущественная сила, расположенная на небольшом расстоянии от поверхности геоида, вызвала эти совпадения, была их причиной.

Можно проследить ход этих мыслей во всей истории геологии, с XVIII века, точнее после Гёттона (1785–1795). После неудачи, которую это воззрение потерпело в первой половине XIX века, когда Кювье, д'Аршиак и Эли де Бомон выдвинули теорию резких катаклизмов, временно наступила реакция и стали стараться уменьшить значение и даже вовсе отрицать значение критических периодов.

Однако развитие геологических исследований должно было, в конце концов привести к предпочтению теории периодических изменений, которые испытывала земная кора в течение геологического времени.

Д. Джоли видел причину орогенических и вулканических явлений – другие геологические явления можно в конце концов рассматривать как их следствия – в своеобразном распределении внутренней теплоты Земли, радиоактивного, как он думал, происхождения. Он считал, что критические периоды на нашей планете отвечали плавлению основных пород под океанами, плавлению, производимому освобожденной при радиоактивном распаде теплотой, чему благоприятствовало отсутствие потери ее через излучение.

Когда достигается температура плавления основных пород, то происходит громадное выделение свободной энергии, которая вызывает усиление геологических явлений, имеющих непостоянный характер; потом температура опускается, породы начинают затвердевать и земная поверхность входит мало-помалу в новую фазу относительного покоя в своей геологической истории.

Эта интересная гипотеза сейчас обсуждается в науке.

Что бы из нее не вышло в будущем, она имеет заслугу в том, что помогает объединению отдельных эмпирических фактов. Проблемы, которые она выдвинула, еще окончательно не разрешены.

§ 17. ТЕРМИЧЕСКАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ БИОСФЕРЫ. ХОЛОДНЫЙ ОКЕАН ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО

Д. Джоли затронул здесь одно явление, значение и широта которого превосходят важность критических периодов и термических циклов.

Действительно, теплота радиоактивных процессов должна проявляться не только в критические периоды, но должна быть присуща всему земному веществу, как его неотъемлемое свойство.

Сейчас это только начинают учитывать и следовать в этом отношении по пути, открытому новыми воззрениями радиогеологии.

В биосфере, на много километров, *выше* очагов плавления изверженных пород, мы должны видеть место и развитие проблем, вытекающих из руководящих идей, указывающих, что собственная температура земного вещества и земных областей есть функция их радиоактивного состава, или, точнее говоря, функция количества атомных ядер, находящихся в состоянии распада. Эта температура постоянна и изменяется только местными влияниями, в первую очередь действием солнечных лучей.

Эти две причины должны быть достаточны для объяснения всех различий в температуре, наблюдаемых в разных частях биосферы.

Надо отметить, что после Ш. Фурье (Ch. Fourier), т.е. больше ста лет назад, и до нашего времени очень слабо учитывалось то влияние, которое оказывала эта внутренняя теплота. Фурье смотрел на нее, как на последнее проявление охлаждения планеты, когда-то раскаленной.

Собственная температура каждого участка поверхности суши является постоянной в течение исторического времени, и, по-видимому, она мало меняется с начала геологического времени, чего Фурье не учитывал.

Теперь признают, что эта постоянная температура ни в какой мере не связана с предполагавшимся охлаждением Земли; если бы оно было, то все поверхностные участки суши должны были бы иметь одинаковую температуру на одинаковой глубине. Это заключение не отвечает новым радиогеологическим воззрениям: на одинаковой глубине температура пластов должна колебаться в зависимости от их атомного состава и от состава окружающих пластов.

Ничто не указывает, что температура должна быть одинаковой во всей биосфере в одно и то же время.

Например, собственная температура осадочных отложений, таких, как известняки, кварцевые песчаники, кварциты, должна быть более низкой, чем температура кислых магматических пород, как граниты и гранодиориты.

Эти различия без сомнения так же древни, как сама биосфера и по древности они должны быть отнесены к археозою. На всем протяжении осадочной толщи¹ не встречено ни одного пласта, в котором можно было бы отрицать существование жизни.

Но, уже начиная с архейской эры должны были существовать различия, как в отдельных районах, так и в веществе по сравнению с соседними в зависимости от редкости или от обилия радиоактивных атомов.

¹ Serie stratigraphique.

Точно так же температура поверхностных вод, а также и воды Океана должна быть низкой по сравнению с температурой кислых пород, которые преобладают в структуре континентов.

В распределении суши и Океана существует глубокая диссимметрия, которая характерна для структуры биосферы: океанические соленые воды, которые, кажется, не изменились химически в течение геологического времени, не изменились в отношении занятых ими мест, начиная, по крайней мере, с нижнего кембрия.

Значит, здесь мы имеем земные области, занятые неизменно холодной материей в течение по крайней мере миллиарда лет.

По-видимому, биосфера всегда была термически разнородной в течение геологического времени: в ней всегда существовали районы холодные в большей или меньшей степени, в которых термический атомный эффект был слабым, и теплые сравнительно с ними участки земной коры, сложенные кристаллическими породами.

Изучение этих различных районов, это одна из проблем радиогеологии сегодняшнего дня. Изучение Океана и его теплового режима в соответствии с его составом должно быть предпринято в первую очередь.

Я позволю себе заметить, что состав Океана с этой точки зрения совершенно не известен: это странно, но это так...

Масса Океана представляет $1,6 \cdot 10^{18}$ тонн; имея среднюю мощность в 3,3 км, Океан покрывает 70% земной поверхности и составляет большую часть – более 90% по объему – биосферы. Средняя температура этой холодной массы не превышает 4°C , и она приближается к 0 в девяти десятых ее объема.

Какова интенсивность теплового и радиогенного эффекта в материи такого объема? Мы не способны на это ответить. В первую очередь должны быть получены количественные данные относительно этого эффекта.

Для этой цели надо подсчитать количество радиоактивных атомов, содержащихся в 1 см^3 морской воды.

Мы знаем это число с допустимой точностью только для калия. Для других радиоактивных элементов соответственных данных нет.

Для тория те числа, которые были опубликованы, были вычислены, не принимая во внимание миграции мезотория: вопрос должен быть решен сызнова.

Для урана есть только качественные указания, редкие и ненадежные.

Наконец, для радия оказывается возможным определить его только вблизи континентов: в открытом Океане количество радия уменьшается, и не может быть уловлено нашими современными методами.

Уточнение и подсчет радиоактивных атомов, имеющих в воде Океана, является проблемой большой важности с точки зрения радиогеологии: ее решение поможет определить термический эффект вещества Океана.

Тогда окажется, что литосфера, которая служит основанием для Океана, нагревается в сотни, даже в тысячи раз быстрее, чем он: отсюда следует, что берега Океана должны быть геологически неустойчивыми.

§ 18. СООБРАЖЕНИЯ О ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ В РАДИОГЕОЛОГИИ

Химические явления, вызванные радиоактивными силами в земном веществе, всегда сложные. Для них известно внезапное появление новых атомов – изотопов, – действие теплового излучения этих атомов, и наконец, действие α -, β -, γ -излучений.

Однако обычно можно бывает выделить преобладающее химическое действие, которое проявляется, смотря по условиям, или в миграции новых атомов, или в действии α -, β -, γ -излучений.

Опытное знакомство с радиохимическим действием радиоактивных излучений, хотя оно находится еще в зачатке, дает возможность сравнить его с тем, что мы знаем об явлениях *фотохимических*.

В частности, действие ультрафиолетового света и электрических разрядов дает глубокую аналогию с радиоактивными излучениями.

Таким образом, можно с некоторой степенью уверенности руководствоваться законами фотохимии, принимая, в качестве рабочей гипотезы, что они представляют довольно хорошо действие радиоактивных лучей в земной среде.

Явления фотохимические характеризуют земную *поверхность*. Они проходят в атмосфере.

Излучения радиоактивные характеризуют земную *кору*: они должны особенно проявляться в подземных атмосферах, которые представляют продолжение земной атмосферы ниже поверхности суши.

Сейчас невозможно еще дать полную картину этих явлений.

Между излучениями пока только α -лучи вызвали появление радиогеологических проблем; их действие можно с уверенностью отличить от обычного фотохимического процесса, так как за каждой реакцией, вызывающей лучи, следует появление новых атомов гелия в количестве, равном числу частиц, которые принимают участие в реакции.

Таким образом, в гелии мы видим верного указателя радиохимической реакции, которая вызвала его образование.

Ясно теперь, что серьезная проблема больших месторождений гелия имеет связь с радиохимическими реакциями. Надо искать следы этих реакций – и их продуктов – в районах, где имеются концентрации гелия.

Есть шансы их там найти. Но они могут там и не быть, так как гелий дает концентрации только в определенных условиях, которые могут и не встретиться в районах, где были продукты α -излучений. И наоборот, гелий может скапливаться вне этих районов вследствие последующей миграции.

Но, повторяю, эти оговорки не должны дать нам повод упустить из виду возможность найти проявления радиохимических явлений по соседству с большими концентрациями гелия, разбросанными в земной коре; пренебрегая этой возможностью при начале работы на новом научном поприще мы сделали бы большую ошибку.

Это введение позволяет мне выдвинуть конкретную проблему: изучение месторождений нефти.

§ 19–22. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ КАК ПОЛЕ РАДИОХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

§ 19

В 1925 г. профессор С. Линд в Миннеаполисе (Северо-Американские Соединенные Штаты) выдвинул гипотезу относительно значения излучений в происхождении нефти: в дальнейшем он пытался ее проверить опытами, сделанными совместно с М. Барнвеллем (1926–1931). С. Линд – один из тех, которые наиболее старались исследовать область химического действия радиоактивности, к несчастью, очень запущенную.

Эти опыты важны, но с геологической точки зрения ясно, что Линд мог найти объяснение более простое и более глубокое, чем действие α -лучей, чтобы составить понятие о структуре нефти и ее особенностях, которые его особенно интересовали.

Он был поражен сложностью и изменчивостью структуры нефтей. В нее входят ряды углеводородов, фракционная перегонка не обнаруживает больших промежутков в температурах. Каждая нефть представляет собою смесь из сотен соединений, смесь, которая принадлежит только ей, которая придает ей специфический характер, хотя, если рассматривать совокупность нефтей, составляющие их смеси аналогичны. Но ни одна из них не совпадает в точности с соседними.

С. Линд задался вопросом, как происходят эти смеси, одновременно такие сложные и такие разнохарактерные, индивидуально различные, если принять за их исходное соединение простое по структуре, и он выставил гипотезу, что, при определенных условиях, метан, всюду распространенный простой газ может быть соединением, производящим нефть.

Действием электрических разрядов, ультрафиолетовыми лучами и α -частицами на метан, ему удалось получить продукты, по сложности аналогичные нефтям; α -частицы присутствовали всюду, где могло иметь место образование нефти.

Однако Линд не нашел *водорода* между побочными газообразными продуктами, которые он получал все время в большом количестве во время своих синтезов. Но даже допуская, что можно было бы дать объяснение этому факту, его синтезы не дали бы нефтей, идентичных натуральным нефтям.

В натуральных нефтях углеводороды являются в действительности только преобладающей частью. Рядом с ними всегда существуют более сложные соединения, содержащие серу, азот и кислород: количества их достигают четверти общего веса.

Эти соединения имеют специфическую структуру, очень характерную; их находят к тому же и помимо нефтей в телах живых организмов – животных и растений.

Таким образом нефти не являются исключительно смесями углеводородов, как это часто ошибочно говорят и как думал С. Линд. Дать объяснения происхождению нефти имеет смысл только при том условии, если это объяснение обнимает всю нефть, а не только главную ее часть. И дать синтез углеводородов – еще не значит дать синтез нефти.

Для нефтей, которые встречаются в больших массах, благодаря чему они и представляют коммерческую ценность, биогенное происхождение их

может сейчас считаться доказанным. И это именно происхождение объясняет те особенности их структуры, которые привлекли внимание С. Линда.

Нефти произошли из вещества, которое когда-то строило тела мириадом существ, принадлежавших к сотням видов растительных и животных. И вот, все эти виды, а также и отдельные особи, составляющие один вид, имеют свой собственный химический состав. Более существенное различие наблюдается между видами, но оно имеется и между отдельными особями, которые дают ряд сложных соединений *аналогичных, но различных* для каждой особи. Такие ряды соединений подвергаются метаморфизму и в конце концов получается нефть, причем метаморфизм не уничтожает их внутренней структуры, характерной для особи, для вида или для рода.

Особенность, которая поразила Линда, указывает, таким образом, на биологическое происхождение нефтей и на метаморфизм, который не дал исчезнуть совершенно первоначальной структуре нескольких сотен органических соединений.

Однако α -излучения могут, как Линд и предполагал, играть известную роль в происхождении нефтей: они действуют не только на метан, но на многие углеводороды и на аналогичные тела, которые выделяются в живых организмах, или на соединения, которые образуются из тех же углеводородов во время превращения их в нефти метаморфическим процессом.

Механизм этого превращения до сих пор неизвестен. Здесь допускают участие агентов биохимических и микробных; возможно в этом и участие α -лучей.

§ 20

Действительно, в то время как С. Линд производил свои исследования в Миннеаполисе, новые наблюдения, казалось, затронули ту же самую проблему с другой стороны.

Профессор Е. Бурксер в Одессе (Украина) опубликовал в 1927 г. первые определения, относящиеся к количеству радия, содержащегося в живых организмах.

Одновременно систематические наблюдения, произведенные в Биогеохимической лаборатории Академии наук СССР в Ленинграде, дали возможность установить, что присутствие радия в организмах, растениях и животных, является общим явлением для всех организмов, для которых такие исследования были произведены. Результаты, полученные в этой области Б. Бруновским и С. Кунашевой, охватывают сейчас около сотни видов: они будут в этом году темой подобного доклада.

Радий находится во всех живых существах.

Для водных организмов, в частности для пяти видов ряски (*Lemna*), собранных в окрестностях Ленинграда (Северная Россия) и Киева (Украина), так же, как и для моллюсков, констатируется, что живые существа *концентрируют* радий, так как они в десятки и в сотни раз богаче радием, чем вода прудов, из которой они его извлекали.

В этом году эти же ученые смогли определить содержание в ряске другого радиоактивного элемента мезотория 1, изотопа радия.

Результаты этих опытов показывают, что живые организмы – и органическое вещество после их смерти – должны быть рассматриваемы, как источники α -лучей.

В больших скоплениях органических остатков, которые могли бы содержать сотни граммов радия, его находят только следы, через 40 000 лет, если образование радия не связано с присутствием урана¹.

Поэтому надо считаться с содержанием радия только в органогенных рудах, самых молодых.

Что касается тория, то его присутствие указывалось в растениях, но, так как нашли только мезоторий I в живых рясках, без следа тория, надо пересмотреть эти определения, так как мезоторий I мог принят за торий.

Имеются качественные и даже количественные определения содержания урана в животных и растениях. Эти определения редки и разрознены, и не дают возможности точно оценить методы, которые были применимы. Таким образом, они могут рассматриваться только как указания [на] возможность концентрации урана в организмах и требуют их проверки в условиях самой строгой точности.

Это как раз та работа, которую мы сейчас организуем в нашей Биогеохимической лаборатории.

Если определения дадут положительный результат, мы должны будем из этого заключить, что живые организмы, содержащие уран, являются практически неисчерпаемыми источниками α -лучей.

Но есть еще другой процесс, связанный с жизнью, который переводит все современное органическое вещество в неисчерпаемый источник α -лучей, даже рассматривая только историческое время: он играет большую роль в геохимии урана. Я уже подходил к этому в § 15.

Вещества органические – гумусовые, асфальты и битумы вызывают значительное поглощение (сорбцию) атомов урана и тория. Здесь происходит явление, аналогичное поглощению (сорбции) атомов калия, другого радиоактивного элемента, необходимого для жизни, и источника плодородия почвы, каолиновыми алюмосиликатами.

Вследствие такого поверхностного поглощения сапропели, нефти и битуминозные сланцы будущего накапливают атомы урана уже в биосфере.

Поглощение, кажется, является пропорциональным времени. Оно не было изучено количественно, но его существование – точный факт, не возбуждающий никаких сомнений.

Так, прямым и косвенным воздействием жизни, углеродистые органические вещества, источник нефти, представляют в то же время источник α -лучей, и должны вызвать появление атомов гелия.

Только точное количественное изучение сможет показать значение α -лучей в изменении органических остатков и в метаморфическом процессе образования нефтей.

¹ Период полураспада радия, то есть время, необходимое для того, чтобы количество этого элемента уменьшилось вполтину, равно 1690 лет.

Вернемся теперь к другому проявлению тех же лучей: к атомам гелия. Существует ли какая-нибудь связь между их месторождениями и их концентрацией и месторождениями нефти?

Во время и после империалистической войны английские и американские инженеры предприняли большие разведки, чтобы открыть месторождения гелия. Сначала думали, что месторождения его очень ограничены, и правительство Соединенных Штатов запретило свободное торговое обращение этого газа, важность которого для воздухоплавания была очевидна. В 1931 году это запрещение было снято: нашли, что месторождения гелия гораздо более значительны по массе, чем думали. Газоносные породы, богатые гелием, были открыты в Канаде и в Соединенных Штатах. Есть среди них такие, которые содержат по объему больше 8% гелия; преобладающие газы – углеводороды, метан в первую очередь, но азот и углекислота также играют иногда важную роль.

Эти месторождения, богатые гелием, всегда располагаются в районах, богатых нефтью, но не все нефтеносные районы обладают гелием. Его находят только там, где соединяются условия, благоприятные для накопления, а затем и для удержания этого газа, т.е. существование проницаемых пород, отсутствие резких сбросовых дислокаций и т.д. Этим условием отвечают вполне определенные тектонические структуры, могущие быть заранее пре-дуказаны.

Надо отметить, что д-р Н. Рожер (N. Rogers) из Новой Зеландии пришел к представлению о генетической связи больших площадей гелия и нефтяных месторождений.

Разделяя мнение С. Линда, он указал, что того количества гелия, которое находится в нефтяных районах Соединенных Штатов, с избытком довольно, чтобы объяснить радиохимический синтез нефтей α -лучами, из метана (1930 г.).

Но если посмотреть на это заключение с другой стороны, то ясно видно, что гелия *слишком много* в указанных месторождениях для того, чтобы эта теория могла дать объяснение его скоплению. Откуда происходит избыток гелия в этих месторождениях и почему только в них находится он в таких больших скоплениях?

Это – проблема, которая не получила до сих пор своего полного решения.

Однако очевидно, что гелий этих больших скоплений происходит не из радиоактивных *минералов*, а из радиоактивных *элементов*, рассеянных в обычных породах, как это уже думал и Линд.

Атомы гелия обладают одним очень замечательным свойством, которое дает возможность уловить, как они могли образовать скопление. При температуре по крайней мере равной 200 °С, а не меньшей, твердые породы, содержащие кремний и аморфные силикаты являются проницаемыми для гелия; благодаря этому этот газ может перемещаться из внутренних теплых частей планеты в ее более холодные части, где он и будет скапливаться. Согласно этой гипотезе, высказанной Р. Уэльсом (R. Wells), газовые струи, имеющиеся в холодных частях Земли, должны обогащаться гелием.

Однако это не объясняет, почему большие месторождения гелия, известные до сих пор, все связаны с месторождениями нефти.

Если принять, так как ничто этому не противоречит, что температура от 150 до 2000 [°C], благоприятная для диффузии гелия, не является несовместимой с генезисом нефти, то можно думать, что гелий образуется из α -лучей в среде, в которой соединяются и обломки изверженных пород, богатых радием и торием, и те органические вещества, которые дают нефть как конечный продукт.

Тогда делается понятным, что условия для накопления гелия в осадочных породах могут быть идентичными условиям аккумуляции газообразных углеводородов и, в первую очередь, газов нефтяных месторождений.

§ 22

Однако еще один новый и неожиданный факт, как кажется, относится к той же категории явлений, т.е. к таким, которые затрагивают одновременно месторождения нефти и явления радиоактивности.

Он только что открыт (от 1926 до 1932 г.) в русских нефтяных районах: на севере РСФСР, на Кавказе, в Фергане, в Прикаспийских районах.

Химик А. Черепеников и физик Л. Богоявленский нашли в 1926 г. в Ухтинском нефтеносном районе, на севере Европейской России, на глубине многих сотен метров соленые подземные воды, заключающие несколько десятимиллиардных частей процента радия (точно от 7,4 до $7,6 \cdot 10^{-10}\%$).

За несколько лет до этого д-р Беккер (Becker) нашел в глубоком колодце, расположенном близ Гейдельберга, воду, в которой содержание радия было того же порядка, но несколько меньше (от 1,74 до $1,79 \cdot 10^{-10}\%$); немецкие геологи думали, что такое высокое содержание обязано своим происхождением глубинным гранитным породам.

Сейчас очевидно, что вода Гейдельберга – как и вода давно известного источника Крейцнах – принадлежит к тому же типу, что и вода Ухты, т.е. к пластовым подземным водам нефтяных месторождений, богатых радием,

В следующем, 1927 году физик В. Баранов и химик И. Курбатов отметили новую особенность, которая потом была установлена для всех вод моей родины, богатых радием: было установлено, что воды Ухты содержат не только радий, но также изотопы из ряда тория: мезоторий I и торий X. Напротив, ни эта вода, ни все другие воды этого типа не содержат ни урана, ни тория.

В 1929 г. два молодых русских химика, В. Милин и В. Тверцын, нашли в глубоких теплых водах большого нефтяного месторождения Грозного воды, еще более богатые радием: несколько стомиллионных частей процента ($n \cdot 10^{-8}\%$ Ra).

Ввиду того, что *это количество превышает то, которое заключается в кислых изверженных породах, наиболее богатых радием*, русский Радиевый Институт взял на себя инициативу систематического изучения всех соленых подземных вод, независимо от того, расположены ли они в нефтеносных районах или нет.

Таким образом, Б. Никитин и Л. Комлев нашли содержание радия больше двух миллиардных частей процента ($2 \cdot 10^{-9}\%$) в одном из колодцев Грозного, который теперь уже больше не существует, но это был не тот колодец, кото-

рый изучали Милин и Тверцын. По причине, еще не выясненной, уровень тепловых источников, известных в этом районе еще с XVIII века, непрерывно понижается, так же как и уровень колодцев, только что вырытых; воды исчезают, может быть, в связи с работами по бурению или вследствие каких-то геологических причин.

Можно сказать сейчас, что эти воды, богатые радием, представляют большое явление в истории подземных вод. К тому же они могут представить собой реальный источник радия и мезотория I, имеющий практическое значение.

Во всех месторождениях, изученных до сих пор в Ухте, в Чусовских городках, в Стерлитамаке в Башкирии, в Умбе на острове Челекен, в Нефтедаге, в Баку и в Грозном (Кавказ), в Шор-Су в Фергане и т.д., состав подземных вод может быть представлен формулой Cl–Na–Ca, причем сухой остаток превышает 5% (50 граммов на литр); формула Cl–Na относится к водам менее соленым, в которых кальций занимает третье место после хлора и натрия.

Содержание радия в водах типа Cl–Na–Ca колеблется между стомиллиардными (10^{-11}) и миллиардными (10^{-9}) долями процента; оно может в некоторых случаях достигать стомиллионной (10^{-8}) части процента. Мы уже указывали, что это содержание отвечает содержанию радия в кислых породах, типа градиентов и грано-диоритов, которые наиболее богаты радием.

Но близость в содержании радия не мешает существованию глубокой разницы между этими породами и водами типа Cl–Na–Ca.

В кислых породах имеющиеся небольшие количества радия происходят из атомов урана, которые там находятся в состоянии атомного рассеяния и распада: *радий и уран здесь находятся в радиоактивном равновесии.*

Они-то, вместе с калием и торием вызывают тот термический эффект, значение которого уже было указано.

Наоборот, воды типа Cl–Na–Ca, которые проникают в осадочные образования нефтеносных районов до глубины около 1 км (может быть, больше) и которые занимают площади, сравнимые по своей массе с массами гранитных пород, не содержат *ни атомов урана, ни атомов тория.* Их надо рассматривать как вторичные месторождения радия и мезотория. Эти два элемента здесь находятся вследствие *миграции*, находятся вдали от их первоисточника.

Между тем в отношении теплового эффекта действие атомов радия и мезотория должно быть очень большим: возможно, что ему мы обязаны, в известной степени, очень высокой температурой вод этого типа. Эта проблема еще ждет своего разрешения.

До сих пор русский Радиевый Институт не встретил в соленых водах, находящихся вне нефтеносных районов, такого количества радия, какое можно было бы сравнить с только что указанными.

При этом важно отметить, что эти последние воды не принадлежат к типу Cl–Na–Ca: кальций не играет в них преобладающей роли, их формула Cl–Na.

Воды, богатые кальцием, характеризуют самые глубокие водоносные горизонты, какие известны; со временем они переходят в другой класс вод, где преобладает хлор и кальций, и формула которых, следовательно, Cl–Ca. Это

воды самых больших глубин земной коры. Сейчас они как раз изучаются и мы скоро узнаем результаты этого изучения.

Так как известны распространение и расход пластовых вод, можно вычислять вес радия, который находится для данного момента в отложениях этого рода: получается величина в несколько сот граммов. Таким образом, количества радия, собранные этими водами, являются более значительными, чем те, которые содержатся в урановых рудах: чаще всего общее количество радия какого-нибудь уранового месторождения представляет несколько десятков граммов радия.

Одновременное нахождение радия, мезотория I и тория X *без урана и без тория* показывает, что мы имеем здесь дело с результатом миграции радия, так как воды содержат только эти три изотопа радия и не содержат ни одного изотопа тория. Последние определения нашей Биогеохимической лаборатории показывают тот же факт для организмов.

Эти воды очень богаты мезоторием I: хлористые соединения, которые можно из них извлечь, дают несколько десятых долей процента этого элемента.

Любопытно и важно отметить, что, с точки зрения морфологической, изученные воды принадлежат к типам, различным по условиям выхода их на поверхность. Большей частью это – глубокие пластовые воды. Они находятся под давлением, причина которого еще не выяснена. Возможно, что они принадлежат, например в Грозном, к категории восходящих минеральных источников, температура которых превышает 100 °С. С другой стороны, в Ухте встречаются воды, которые заполняют пустоты в кристаллических метаморфических породах и которые также могут быть связаны с восходящими водоносными жилами.

Эта изменчивость морфологических форм, так же, как и количество атомов радия и мезотория, которые заключают эти воды, подтверждает важность наблюдаемого процесса.

Откуда же появляются радий и мезоторий? Здесь перед нами, несомненно, явление динамического характера, и число наблюдений его еще очень мало; нужно будет изучить количественно *колебания* содержания радия, чтобы выяснить, что является вполне вероятным, представляют ли они известное равновесие, более или менее продолжительное и постоянное.

Все показывает, что дело идет здесь о явлении столь же старом, как само нефтеносное месторождение, где оно проходит, что это не случайное явление, местное и кратковременное. Наблюдения, сделанные в Гейдельберге и в Крейцнахе, имеют за собой уже тридцать лет давности, а что касается Ухты (для радия и мезотория), наблюдения насчитывают уже больше 7 лет.

Размеры явления позволяют предсказать, что наравне с водами русских нефтяных месторождений, и водами Радиумквелле и Крейцнаха – и в более широком масштабе аналогичные воды нефтяных месторождений Европы, Америки и других частей света – должны содержать не только радий, но и его изотопы, связанные с торием.

Надо их тут искать, не теряя из виду, что они могут происходить из двух разных источников: 1) из органического вещества, из остатков живых организмов и из нефтей, которые представляют собой продукты их метаморфизма; 2) из кислых пород, происшедших из гранитов. В этом последнем случае

я подразумеваю не самые гранитные массивы, но осадочные породы, происшедшие от их разрушения: пески, песчаники и глины, насыщенные водами, принадлежат к подобным типам.

Я считал бы особенно нужным подчеркнуть тот факт, что атомы радия и мезотория I в водах нефтяных месторождений не уступают по численности их атомам в кислых изверженных породах: мало вероятно, чтобы это было дело случая.

В связи с этим важны наблюдения Л. Комлева: они показывают, что соленые воды, особенно в том случае, если они заключают хлористый барий, могут уносить большое количество радия из изверженных пород даже при обычной температуре.

Таким образом, можно говорить о растворении радия кислых пород этими водами, обладающими своеобразным химическим составом, и, в частности, отличающимися бедностью ионами CO_3H и SO_4 . Кажется, впрочем, что здесь идет дело не о простом растворении в собственном смысле, а реакции между пластовыми водами, с одной стороны, и водой, которая заполняет капилляры выветрелых горных пород гранитного происхождения – [с другой].

Изучение вод, богатых радием и мезоторием I стоит на верном пути; через год мы будем обладать результатами, более точными. Однако уже ясно, что дело идет об явлении общего характера, примеры которого должны быть найдены за пределами территории СССР.

С этой точки зрения изучение самих нефтей имеет громадное значение. Если радий и мезоторий I связаны так или иначе своим происхождением с нефтями, в них должны быть найдены атомы урана и тория. Если, напротив, эти атомы удержаны осадочными породами, то они должны концентрироваться в битуминозном органическом веществе, которое, кажется, встречается только в этих породах. Таким образом, по нашим представлениям о происхождении больших русских нефтяных месторождений, соленые воды вышеописанного типа могут оказаться связанными с нефтями.

Не надо забывать, что атомы мезотория I, которые в них находят, “живут” только несколько лет, а атомы тория X только несколько дней: при этих условиях атомы тория, их предка, не могут быть очень далеко.

Радиоактивная энергия этих вод должна выражаться не только в образовании гелия, конечного результата α -излучений, и в термическом эффекте, о котором я говорил, но также в ряде новых химических явлений.

Надо ожидать образования свободного глубинного кислорода разложением молекул воды.

Здесь новая проблема большого масштаба, но которая практически стоит сейчас вне научной работы.

Подводя итоги сказанному, добавлю, что *самые различные явления указывают, что наибольшие количества гелия должны быть найдены в нефтеносных районах*, в форме газоносных пород, богатых гелием.

В соленых водах и в рассолах этих же районов атомы радия и его изотопов из тория скапливаются путем миграции до концентрации 10^{-11} , 10^{-10} , 10^{-9} , может быть, 10^{-80} % радия. Нельзя еще сказать с уверенностью, есть ли связь между нефтями и концентрацией гелия, радия и изотопов этого последнего; однако короткий период существования мезотория I и тория X показывает,

что место образования их не может лежать очень далеко от самого нефтяного месторождения.

Вот явление, по-видимому, общего характера, которое характеризует самые верхние части осадочной оболочки и которое прямым образом не связано с изверженными породами и с магматическими процессами. Мало вероятно, чтобы это была игра природы; наоборот, все указывает, что эти явления представляют одну из существенных черт геохимической истории радия.

Проблемы, которые остаются разрешить, многочисленны, и требуют систематической организации научных исследований.

Можно ожидать в первую очередь распространения за пределами СССР работ, связанных с содержанием радия, мезотория I и тория X в соленых подземных водах всех известных нефтяных месторождений.

Одновременно нужно будет: 1) предпринять поиски этих трех элементов в соленых подземных водах вне нефтеносных районов; 2) экспериментально изучить проникновение гелия через плотные силикатовые породы при температурах от 100 до 250 °C; 3) определить содержание урана и тория в живых организмах; 4) изучить сорбцию (поверхностное поглощение) этих двух элементов живыми организмами и органическими веществами, богатыми гумусом.

Это еще не все. Нужно будет изучить радиоактивность нефтей, и проследить экспериментально, учитывая условия метаморфизма, которые, кажется, отвечают их происхождению, действие излучений на органические вещества. Однако разрешение этой последней проблемы требует предварительного знакомства с действием радиоактивных излучений на химические процессы, короче говоря, существования настоящей радиохимии.

Такая обширная и разнообразная программы вполне отвечает современному состоянию радиогеологии: эта наука только создается, и не удивительно, что проблемы, требующие разрешения, натываются на каждом шагу на неизвестность.

Можно сказать об этой отрасли геологии, что она переживает героический период своей истории.

§ 23. УРАНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ШИНКОЛОБВЕ И МИГРАЦИЯ УРАНОВОГО СВИНЦА

Месторождение Шинколобве (Катанга, Бельгийское Конго) представляет, мне кажется, случай миграции уранового свинца, который напоминает в некоторых отношениях, миграцию радия и мезотория в водах нефтяных районов.

После 1923 года это месторождение доставляло большую часть всего добываемого радия. Бельгийская компания, которая его разрабатывает, давно держит своего рода монополию; вот почему (случай, между прочим, исключительный в нашу эпоху для природного явления, столь большого значения) относительно этого месторождения имеются сведения только очень смутные.

Правда, профессор Ж. Скуп (J. Schoep) из Университета в Гёнте изучил тщательно минералы этого месторождения: большая их часть была до этого

не известна и они представляли случаи нового и странного парагенезиса. То немногое, что было известно, показывало, что это явление новое и значительное. Однако ни одно аналогичное месторождение, которое могло бы служить для сравнения не известно, а одна минералогия не могла дать возможности понять, как образовалось само месторождение. Первые точные геологические данные были опубликованы Ж. Торо (J. Thoreau) профессором Университета в Лувене и Р. де Триё де Тердонск (de Trieu de Terdonsk), главным геологом компании, только через двадцать лет после открытия самого месторождения. К сожалению, оба эти ученые могли дать только состояние геологии поверхностных отложений этой местности, для которой еще не существует геологической карты достаточного масштаба. Например, они не могли указать, в их прекрасно составленном и очень интересном очерке, точное стратиграфическое положение тех пород, о которых они говорили (верхний докембрий?). Если более точные геологические наблюдения были сделаны в связи с поисковыми работами, они еще не опубликованы. Но, что еще важнее, по отношению к месторождению Катанга нет данных по радиоактивности, которые можно было бы связать с фактами минералогическими и геологическими, уже известными. В то время, как эти данные существуют, например для месторождения Иохимова в Богемии, Тюя-Муюна в Фергане, Юты и Колорадо в Соединенных Штатах, Канады и т.д., эти самые необходимые данные отсутствуют для Катанги и сводят на нет те общие заключения, какие можно было бы отсюда вывести.

Но как бы то ни было, того, что известно, достаточно, чтобы убедиться, что это явление своеобразное и до сих пор единственное, углубленное изучение которого представляется крайне важным.

Месторождение Катанга впервые демонстрирует урановый свинец в больших количествах, в форме минералов свинца, заключающих только легкий его изотоп.

Некоторые из этих вторичных минералов – из которых самый значительный кюрит, водный уранат свинца¹ – образуют иногда руды, из которых радий, кажется, извлечен. Процесс образования уранового свинца несомненно древний, так как радий и уран находятся в радиоактивном равновесии.

Между известными сейчас пятью минералами, содержащими свинец, только один был известен раньше; остальные четыре – новые. Все они гидротермального происхождения, т.е. они образовались выпадением из восходящих водных растворов при высокой температуре и давлении.

Эти растворы содержат одновременно уран и урановый свинец, что показывает, что этот последний не может происходить из урана, совместно с которым он сейчас залегают.

Урано-свинцовые растворы совершенно изменили первичное месторождение. Ван-Обель (Van Aubel) рассматривает кристаллы «уранинита» как первичный минерал, правда, еще не имеющий анализа, который находится в доломитах неопределенного возраста. Согласно этому, урановый минерал, который инженеры компании принимали за первичный и называли его также «уранинит», в действительности – минерал вторичный.

¹ По Дана, состав кюрита: $2\text{PbO} \cdot 5\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. – *Ред.*

Это заключение Ван-Обеля мне кажется очень правдоподобным. Действительно, кажется, значительная часть трудностей, на которые натолкнулись при толковании этого месторождения, происходят от того, что различные минералы получили одно наименование вследствие неточных определений.

Я не могу излагать здесь структуру уранинитов: я писал по этому вопросу в 1915 году, и после несколько раз к нему возвращался. Минерал – вторичный по Ван-Обелю, но обычно принимаемый за первичный, который был найден в Катанге, не уранинит ни по составу, ни по свойствам, и ему нужно было бы дать другое имя, оставив гипотезу, которой обычно следуют, и которая заключается в том, что рассматривают свинец, который здесь содержится, как происшедший в большей своей части в самом минерале уже после его образования. Мне кажется, что парагенезис месторождения не позволяет принять эту гипотезу, которая находится с ним в явном противоречии. Этот минерал – безводный уранат уранового свинца (легкого свинца), отложенный гидротермальным путем; его структура – гексаэдрическая.

Хотя он частично заменяется водным уранатом (кюрином) – и водной окисью урана (беккерелитом)¹, гексаэдрическая форма остается. К несчастью, радиофизическое изучение этих минералов не было сделано или, во всяком случае, не было опубликовано: это – пробел, который должен быть восполнен.

Безводный уранат, богатый урановым свинцом, отлагался из водных растворов, обычно богатых кремнием. Ничто не указывает для него пневматолитического характера его происхождения, характерного для пегматитовых жил. Однако Торо и Триё де Тердонк сообщают по этому поводу о странном спутнике этого минерала: в нем найден монацит. Здесь еще раз можно только пожалеть об отсутствии опубликованных анализов химических и радиофизических. До сих пор монациты, почти всегда связанные с торием, наблюдались только в двух типах месторождений, совсем не соответствующих тому, которое нас здесь занимает: их находят в пневматолитических водных магмах пегматитов и в магмах изверженных пород.

Химическое и радиофизическое изучение монацитов Катанги должно дать возможность уточнить понятие о происхождении этих минералов. Промышленная компания не должна была бы оставаться равнодушной, так как если бы монациты оказались связаны с торием, то количество радия, которое из них извлекалось, могло бы оказаться меньшим (для нормальных эталонов), чем это сейчас предполагают. Однако не исключена возможность наличия монацитов без тория: возможно, что один из таких исключительных случаев имеется здесь.

Таким образом, интерес самой коммерческой организации совпадает здесь с интересом строго научным к опубликованию измерений, относящихся к радиоактивности руды. Если эти измерения не были сделаны, они должны быть сделаны теперь в тесной связи с геологической и минералогической структурой месторождения. Каково же в нем распределение тория?

Подводя итоги, можно сказать, что Шинколовбе представляет миграцию благодаря восходящему гидротермальному движению атомов уранового

¹ Формула беккерелита по Дана: $4\text{UO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. – *Ред.*

свинца в значительных массах, и очень отдаленную от места их радиоактивного происхождения.

Здесь дело идет о совершенно ином типе миграций, чем та, которую мы описали выше, миграции радия и мезотория в соленых водах состава Cl-Na-Ca (§ 22).

Этот урановый свинец образовался в течение геологического времени, вероятно, в связи с гранитной магмой и отлагался в таких условиях, из которых видно, что уран уже раньше был отделен от тория. Пегматитовые месторождения такого типа – редки. Однако известен один пример в Южной Африке: месторождение Морогоро. Если бы пегматиты Морогоро были в будущем захвачены вторичным глубоким процессом, например новым захватом горячими водами в связи с замещением пегматитовых жил жилами гидротермальными, то атомы урана, которые они заключают, могли бы еще дать миграцию уранового свинца. Но это, разумеется, просто только рабочая гипотеза.

Возраст, который приписывают месторождению Катанга (больше 600 миллионов лет), конечно, слишком мал, как это уже указал Ван-Обель.

§ 24. О МИГРАЦИИ РАДИОГЕННЫХ ГАЗОВ

Миграции, как например миграции радия, мезотория и свинца, происходят благодаря химическим свойствам новых атомов.

Это – реальное проявление большого планетного процесса, атомного и химического изменения Земли или ее поверхностных частей в течение геологического времени. Это изменение происходит всюду в земном веществе, где есть радиоактивные атомы.

Мы еще не привыкли к широте этого земного явления, которое, однако, происходит у нас на глазах, хочется сказать, на каждом шагу.

Между тем, существуют уже факты – мы говорим *факты*, а не *проблемы*, которые ставят вне всяких сомнений грандиозность этого явления: это – миграции радиогенных газов.

Большие вторичные скопления гелия, которые происходят несомненно благодаря миграции, и которые связаны с нефтяными месторождениями, нам уже известны (§ 21). Этот легкий газ скапливается в громадных массах, и более углубленное изучение непрерывно увеличивает числа, относящиеся к количеству атомов, которые в них заключаются.

Но эти числа отвечают, по-видимому, только миграции второстепенного значения в геохимической истории гелия, так как сейчас выдвинута радиогенологическая проблема о гораздо больших количествах этого газа: проблема выделения гелия Землей (см. § 28).

Явление, не менее грандиозное, связанное, без всякого сомнения, с планетным процессом, о котором только что шла речь, представляет выделение другого газообразного и радиоактивного элемента – *радона*, эманации радия и эманации его изотопов – *торона* и *актинона*. Реальность этих выделений – факт, эмпирически сейчас проверенный.

Вследствие краткости их средней жизни, все эти три газа наделены большой радиоактивностью и их миграция проявляется в большом планетном явлении: *в образовании электрического поля Земли*. Больше двух третей иони-

зации, которой обладает это поле, производится радоном и его изотопами, остальная часть – космическими лучами.

Следствия существования этого электрического поля – чисто геофизические, но, с другой стороны, до сих пор еще ведется спор об одном из геохимических действий радиоактивных газов, рассеянных в земной атмосфере.

Мы хотим говорить о химических реакциях, производимых атомами этих газов, которые образуют мощные центры энергии. В частности, одна из этих реакций выдвигает вопрос, изучение которого неотложно: это образование свободного кислорода радиогенным разложением паров воды и кристаллов льда, имеющихся в земной атмосфере.

Несомненно, что свободный кислород образуется в биосфере главным образом путем разложения углекислоты и воды в процессе органического синтеза, идущего при участии хлорофилльных организмов; реакция этого типа входит в общее число реакций фотосинтеза. Но еще невозможно определить в числах значение образования этого газа радиогенным путем. Однако, по всей вероятности, роль радиоактивных эманаций гораздо больше, чем это сейчас думают.

Это – еще одна актуальная проблема радиогеологии, такого же порядка, как образование кислорода в подземных водах богатых радием и мезоторием (§ 22).

§ 25. СООБРАЖЕНИЯ О РАДИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ РАДИОАКТИВНЫХ МИНЕРАЛОВ. РАДИОХИМИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ

Ввиду того, что излучения радиоактивных элементов встречают молекулы воды во всей земной коре, радиогенное образование свободного кислорода должно быть общим явлением, в котором все радиоактивные элементы должны принимать участие. Но это явление – только частный случай явления еще более общего.

Каждый радиоактивный минерал – это энергетический центр, вокруг которого имеется тепловое поле и электрическое поле, которые проявляются химическими эффектами.

Отсюда следует, что не только радиоактивные элементы и минералы находятся в состоянии постоянного химического изменения, но еще, что они вызывают химические изменения в среде, в которой они находятся.

Здесь существует известная аналогия между радиоактивным минералом и живым организмом, но *масштаб времени совсем другой*; кроме того, изменение не только химическое, но радиохимическое, так как *начальные радиоактивные атомы замещаются атомами, различными*.

Со временем результаты накапливаются, и древние минералы показывают нам одно из самых мощных проявлений энергетического и химического поля, которое они создают в земной коре. Минеролог должен отныне учитывать эту, такую важную особенность радиоактивных минералов, так же, как геолог должен численно оценить эффект тех процессов, которые отныне они вызывают.

Этой точкой зрения очень часто пренебрегают: изучают радиоактивные минералы так, как изучали бы обычные минералы.

Однако в некоторых случаях нельзя следовать рутине. Тогда прибегают к гипотезе, не потрудившись систематически экспериментально изучить процессы, которые характеризуют поле радиохимической энергии, фактически представленного каждым радиоактивным минералом.

Теперь уже стало очевидным, что все минералы глубоко изменены и находятся в состоянии разложения, но факт этот принимают за *обычное разрушение*, или выветривание, чаще всего поверхностное, иногда метаморфическое.

Между тем, ясно, что *всякий радиоактивный минерал представляет систему нестойкую химически и динамически*, которая стремится к более устойчивому состоянию в течение геологического времени. Необходимо поэтому отличать здесь особый тип разрушения: я буду его называть *радиохимическим изменением*.

Случается, что эмпирические факты сами заставляют наблюдателя, само-го предубежденного, принять существование такого изменения. Например, в случае радиогенного ореола, очень яркого в некоторых слюдах.

Здесь не может иметь место никакое другое объяснение.

Но гораздо чаще факты не рассматриваются с этой точки зрения и, что еще важнее, не изучаются экспериментально.

И тогда, чтобы как-нибудь выпутаться, приходится поневоле прибегать к гипотезам, более или менее вероятным, всегда туманным и натянутым, имеющим характер предварительных.

Однако две из этих гипотез могут удержаться, отчасти потому, что они не имеют никакой связи с теми объяснениями, которые даются обычным изменениям нерадиоактивных минералов, отчасти потому, что они выдвигают радиогеологические проблемы, довольно значительные.

Первая [гипотеза], которая кажется очень правдоподобной и носит общий характер, была выдвинута Г. Эллсвортом (H. Ellsworth). Она состоит в том, чтобы признать существование *самоокисления* атомов урана в радиоактивных минералах; двуокись урана UO_2 переходит в трёхокись UO_3 . Вполне вероятно, что это изменение обязано присутствию кислорода, происшедшего от радиогенного разложения молекул воды. Но опытов нет и механизм процесса не был указан; этот процесс ждет своего разрешения.

Вторая гипотеза была предложена А. Холмсом (Holmes), чтобы объяснить аномалии, замеченные при радиофизических определениях возраста тор-ровых минералов, которые дают меньшие числа, чем минералы урановые. Но сам факт еще не окончательно установлен; как бы то ни было, А. Холмс пытается его объяснить более сильным разрушением (в обычном смысле) ми-нералов, заключающих торий, и миграцией атомов тория, ставших этим пу-тем свободными (при помощи воды). Это последнее утверждение, кажется, противоречит геохимии тория: такая миграция кажется мало вероятной, так как природные водные растворы не содержат атомов тория. Гипотеза Холмса должна поэтому быть пересмотрена. К тому же кажется более плодотворным оставить в стороне частные теории, и систематически изучать общую про-блему, т.е. *неотвратимое (irrevocable) радиохимическое изменение*, пропор-циональное числу радиоактивных атомов, которые находятся в минерале и возрасту этого последнего.

А так как указанные атомы имеются во всех минералах без исключения, то и радиохимическое изменение имеет место повсюду в земном веществе.

Однако есть тела, в которых оно особенно сильно и в которых оно определяет все их свойства: это именно радиоактивные минералы. Мы уже указывали, что вопреки такому их характеру, обычно не устанавливают никакой разницы между изменением радиохимическим и самым обычным изменением геохимическим или минералогическим. А между тем оно ставит на очередь большие и важные проблемы, особенно там, где это касается древних минералов, минералогия которых совершенно изменилась: следующие явления должны быть изучены в каждом минерале, заключающем атомы урана и тория:

1. Масса и распределение атомов свинца и гелия, появившихся в минерале.

2. Масса и распределение газовых эманаций, которые непрерывно образуются и затухают.

3. Уменьшение веса и объема минерала как следствие миграции вновь появившихся элементов, газообразных или нет.

4. Новообразования в пустотах капилляров, вызванных потерей вещества во время радиоактивного процесса.

5. Радиохимические реакции, производимые в минерале α -, β - и γ -излучениями, как, например, радиохимическое разложение молекул капиллярной воды, которая проникает весь минерал, радиогенное разложение метана, образование минеральных масел и многие реакции, которые еще не изучены. Важно определить количественно состав газа, заключающегося в минерале: можно ожидать скопления свободного кислорода.

6. Распределение капиллярных пустот и механический распад минерала, вследствие радиогенного превращения твердых атомов в газообразные (гелиевая эманация и радиоактивные эманации).

7. Образование различных радиогенных атомов и рассеяние элементов.

Это перечисление указывает только на некоторые определения, которые позволят охарактеризовать радиохимическое изменение.

Проблема будет охвачена целиком только тогда, когда каждый радиоактивный минерал будет изучен и описан таким образом, обширная область открывается перед нами. Только планомерной и систематической работой мы достигнем замены точными количественными наблюдениями тех гипотез и догадок, которые господствуют сейчас в этом вопросе.

§ 26. МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ТУХОЛИТА В ДРЕВНИХ ПЕГМАТИТАХ

Проявления радиохимических изменений должны встречаться постоянно, на каждом шагу, в самых древних участках суши, в таких, возраст которых превышает миллиард лет.

Кажется даже, что мы можем в этой области встретить *особые минералы, которые представляют конец радиохимического изменения, а не обычного изменения.*

Я занимаюсь минералогией больше пятидесяти лет или около того, но сейчас я нахожусь в первый раз пред случаем, где такое предположение дает единственное средство понять происхождение минерала. Этот случай отно-

сится к *группе тухолита*, которой я интересуюсь вот уже несколько лет и которая изучалась только в России и в Канаде.

Любопытно отметить, что канадский минералог Г. Эллсворт (H. Ellsworth), который открыл тухолит, высказал то же впечатление, что и я относительно значения этого минерала.

Он писал в 1932 г.: «Еще не известно, но чувствуется что в этом тухолите мы имеем бесценный ведущий минерал, который при тщательном изучении может дать важные сведения обеим наукам: химии и минералогии».

Тухолит и сродные ему виды – это углистые минералы, богатые ураном, торием и редкими землями, которые находятся в гранитных пегматитах и нефелино-сиенитах самых древних участков земной коры.

Первые образцы были найдены И. Обальским в провинции Квебек (Канада) в 1894 г., но он сделал об этом сообщение только через десять лет, и эти находки были потом совершенно забыты. Только в 1921 г. тухолит был снова найден в Канаде Г. Эллсвортом, потом в 1924 г. в России А. Лабунцовым. В старой литературе имеются некоторые забытые указания на него, которые следовало бы пересмотреть сейчас.

Г. Эллсворт и М. Спенсе дали описания образцов, найденных в Онтарио и в провинции Квебек.

Независимо те же типы минералов были открыты на участках, еще более древних, в Карелии (А. Лабунцов) и в Хибинских горах в Лапландии (Л. Антонов). А. Лабунцов, К. Ненадкевич и И. Старынкевич-Борнеман частично их описали.

Но все эти работы можно рассматривать только как предварительные. Изучение еще впереди. Существенны факты, с одной стороны, химический состав этих тел, который пока известен только приблизительно, и с другой стороны, их парагенезис.

В них преобладает углерод, он составляет часто 50% их веса. Тела эти – легкие (уд. вес 1,55–1,820) и горючие, похожие на ископаемые угли. Они легко горят, но без пламени; пепел их сохраняет форму сгоревшего куска и вес его доходит до 28% веса минерала. Эти минералы встречаются в виде желваков, включений, а также в землистых массах и в псевдоморфозах. Они однородны, как это показывает их микроскопическое изучение в отраженном свете (Эллсворт), или изучение их мутей, которые они дают в жидкостях определенного удельного веса (Вернадский и Ненадкевич).

Отдельные образцы могут достигать объема нескольких десятков кубических сантиметров. Химический состав очень непостоянен; в одном и том же куске он может колебаться в некоторых пределах. Существование в них кислорода возможно, но не доказано, за исключением, разумеется, кислорода воды, эта последняя, может составлять несколько процентов по весу в этих минералах. Из газов – водород, окись углерода, уголекислота и азот, по-видимому, преобладают, но к ним присоединяются также аммиак, сера, хлор, фтор и метан. До сих пор химическое состояние металлов и углерода в тухолите неизвестны. Металлы распределяются очень неравномерно в массе угля, и они входят может быть в какое-то определенное соединение с углеродом.

Нет еще ни одного анализа, который дал бы нам точное представление об этих телах, в которых нашли, например, в тухолитах, следующие элементы:

Si, Ti, Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Zr, Na, K, Pb, U, Th – элементы этой группы церия и элементы группы иттрия – V, P, H, C, O.

Газы и вода, о которых мы уже говорили, могут достигать 30%, а может быть, и больше, массы этих странных минералов, которые находятся в пегматитах возраста от одного до двух миллиардов лет; условия, в которых они образовались, эти условия образования самих пород: температура до 750 °С, высокое давление, среда пневматолитических реакций.

Кроме этого, кажется, что эти минералы образуют определенный ряд или серию, отдельные члены которой соответствуют разным условиям, в которых образовались пегматиты: их можно четко разделить по входящим в их состав металлам.

Таким образом различают: 1) тухолит, богатый редкими землями, ураном и торием (Эллсворт); 2) карбуран, богатый ураном, но не содержащий ни тория, ни редких земель (Лабунцов); 3) карбоцер (И. Старынкевич-Борнеман), богатый редкими землями, но не содержащий урана. Наконец, в Карелии встречен еще углистый минерал, богатый алюминием, но не содержащий ни тория, ни редких земель, ни урана.

Было бы напрасно делать гипотезы относительно химического состава этих углистых тел, пока не установлено химическое состояние (l'état), в котором находятся там уран, торий, редкие земли группы церия, и группы, иттрия и алюминий. Связаны ли они с углеродом в форме органических соединений? Или они находятся в состоянии рассеяния, совершенно однородного, которое можно было бы назвать «металлическим раствором», в котором частицы имеют размеры порядка 10^{-5} – до 10^{-6} см, самое меньшее?

Спектральный рентгеновский анализ карбурана, произведенный Б. Бруновским, не дает никакого указания в пользу кристаллической структуры, он указывает однородную аморфную структуру.

Два других важных факта должны привлечь внимание исследователей: 1) состояние газа в этих углях; 2) замечательные псевдоморфозы тухолита и карбурана.

Количественно известен только состав газов тухолита. По Е. Шефферду (E. Shepherd) на первом месте стоит водород (42,498% общего объема) и окись углерода на втором (35,827%). Углеводороды представлены только метаном (1,500%).

Карбуран содержит окись углерода, уголекислоту, азот и гелий (В. Вернадский, С. Боровик, К. Ненадкевич); в нем не был определен водород.

Эти исследования должны быть продолжены. Вода, по-видимому, находится в газообразном состоянии.

В пегматитах тела этой группы относятся к последней генерации. Они рассеяны в кварцах, полевых шпатах, в хлоритах, в титанатах и т.д., таким же образом, как другие радиоактивные минералы из группы уранинитов, с которыми, как, например, с циртолитом, они иногда связаны. В кварцах и в полевых шпатах, находящихся вокруг этих углей, видны радиальные трещинки, характерные для радиоактивных тел.

Их парагенезис относится к более позднему времени, чем парагенезис других минералов, и потому они дают ярко выраженные псевдоморфозы – часто великолепные – которые известны для тухолитов и карбуранов Канады и Карелии и которые сопровождают их желваки (в которых они ок-

ружены характерными алюмосиликатами, содержащими слюду). Большие кубы уранинитов превращены в углистые минералы; изменение идет с поверхности и случается, что внутренние части кристаллов еще содержат нетронутое ядро уранинита. Наружная форма обычно не нарушена. Возможно, что значительная часть желваков тухолита и карбурана заменила уранинит.

В одном месторождении Канады (Воллингфорд, провинция Квебек) Эллсворт указывает псевдоморфозы тухолита по турмалину, и он думает, что большая часть турмалина заменена тухолитом. Это показывает, согласно его заключениям, что образование углистых тел не было ограничено районами высокой температуры, районами пегматитов.

М. Спенсе описал жидкие части прозрачной нефти, богатой золой (5,75%) с смолистыми черными зернами, найденные в одном из пегматитов Канады (Пэрри Зунд, Party Sound, Онтарио). К сожалению, автор не дал никаких указаний о химическом характере золы, и никаких данных относительно ее радиоактивности, а также и относительно смолистых частей, твердых и жидких. Может ли быть, что эти образования геологически более молодые, чем пегматиты? Было бы важно выяснить этот вопрос.

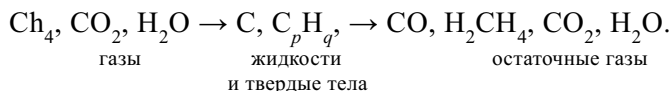
Невозможно объяснить реакции этого рода без учета действия α - и β -излучений. Они должны были происходить в последней стадии затвердевания пневматолитической водной магмы пегматитов, одновременно или после кристаллизации уранинитов. Углерод находился в состоянии газообразных соединений. Только так можно объяснить происхождение псевдоморфоз. Псевдоморфозы по ураниниту представляют для нас особый интерес, так как мы их находим во многих местностях Канады для тухолита и в Карелии для карбурана. Они – наилучше изучены. Псевдоморфозы по турмалину не противоречат этому объяснению, хотя турмалин и «тухолит» Воллингфорда недостаточно изучены.

Также нельзя оставить в стороне действие α - и β -лучей, если постараться узнать, каковы те газовые соединения, которые могли бы дать: 1) такие псевдоморфозы; 2) твердые угли, такие сложные и так сильно переполненные поглощенными газами, среди которых преобладают: *водород, окись углерода и вода*. Не надо забывать, что интенсивность излучений уранинитов, огромная длительность их непрерывного действия, наконец, вмешательство горячих газов – все это условия исключительно благоприятные для проявления радиохимических процессов.

Кроме того, пегматиты, в которых наблюдается тухолит и карбуран, должны были сохранять высокую температуру в течение геологически долгого времени, так что эти процессы в прошлом могли идти с еще большей силой. Возможно, впрочем, что они продолжают и сейчас: только тщательное наблюдение этих минералов и их среды поможет разрешить этот вопрос опытным путем.

Количественное изучение газов должно играть в этом отношении большую роль. В современном состоянии наших знаний можно думать, что те газы, которые существовали при образовании пегматитов, и которые должны были сохраниться в *минералах нерадиоактивных*, были богаты метаном, углекислотой и парами воды.

Следующая схема могла бы тогда объяснить геохимическую историю их в среде, *богатой радиоактивными излучениями*:



Мы подходим здесь снова, учитывая нарастание эффекта начального процесса в течение одного–двух миллиардов лет, к конечному результату того процесса, который С. Линд изучал для метана (§ 8).

Надо, однако, напомнить, что тухолит и карбуран содержат золу, богатую металлами, и что состояние последних в минерале не изучено.

В струях газов, продуктами которых являются эти угли, они могут существовать: 1) в форме летучих соединений, 2) в форме аэрозолей и аэрогелей. Эта последняя форма должна быть тщательно изучена, так как на ней легче дать объяснение структуры этих углистых соединений. Тогда можно считать вероятным такое отношение: уранинит + (CH₄ + CO₂ + H₂O) → углистые соединения, содержащие CO, CO₂, H₂O, H₂ и U.

Может быть, эти газы уже содержали пылинки, богатые металлами, раньше образования псевдоморфоз.

Важно было бы, имея в виду эти гипотетические соображения, изучить количественно химические, физические и радиофизические свойства этих углистых соединений, а также их парагенезис.

Но прежде всего следует сделать полный количественный анализ, произведя его не в атмосфере лаборатории, но в атмосфере инертного газа: лучше всего чистого гелия.

Таким образом было бы достигнуто понимание химического состояния металлов и выяснено количество кислорода.

Наравне с этим можно высказать гипотезу, что углистые минералы группы тухолита представляют конечную стадию радиохимического изменения металлических соединений, богатых газом: это состояние меняется под действием радиоактивных излучений.

Но я повторяю, что высказываю эту идею только с той целью, чтобы вызвать этим ее точную экспериментальную проверку.

§ 27. ГЕОХИМИЯ ДРЕВНИХ ЧАСТЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Из минералогического изучения группы тухолита вытекает, что действие времени – это фактор большой важности, проявления которого можно видеть в свойствах и в парагенезисе минералов.

Радиоактивные излучения должны действовать пропорционально числу радиоактивных атомов и *истекшему времени*. Значит, в образованиях самых древних радиохимические процессы должны сказываться с наибольшей силой. Надо их здесь исследовать.

Мы касаемся здесь, в нашей минералогической и геологической работе, основного явления – превращения нашей планеты в новое химическое тело под действием сил, связанных с радиоактивностью.

Действие ее, рассматриваемое во времени, умноженное вследствие действия нескольких миллиардов лет, должно сказываться в увеличении количества

некоторых элементов, как свинец, кальций, стронций, некоторых элементов редких земель и, наконец, гелия, и, наоборот, в уменьшении концентрации других элементов, как уран, торий, калий, рубидий и некоторых других элементов редких земель. Здесь конечно, дело идет только о предварительном выводе, так как список элементов, атомы которых умножаются или исчезают, еще не закончен: методы физиков, всегда более чувствительные, его, конечно, уточнят.

Современное состояние наших знаний заставляет нас быть осторожными и говорить только о земной коре и об участках, которые к ней непосредственно снизу примыкают, где существование радиоактивных атомов несомненно. Исходя из этих предположений, можно считать, что химическое изменение должно ограничиться несколькими сотнями километров от поверхности суши.

Но как бы то ни было, атомное изменение планеты во времени есть эмпирический факт, окончательно установленный наукой. Район, где он имеет место, обнимает его земную кору, единственную до сих пор область земного шара, доступную непосредственному геологическому изучению.

Радиогеология может изучать это изменение, эту эволюцию, и ее влияние в геологической истории, организуя систематические исследования, относящиеся к проявлению этой силы в наиболее древних участках земной коры: эти исследования приведут нас, может быть, к опытному и конкретному представлению о происхождении Земли и дадут более ясную картину догеологического времени, чем та, которую дает современная наука. Это представление заменит космогонические теории и, в частности, понятие о раскаленной планете, охлаждающейся в течение геологического времени (§ 5).

Эта последняя картина согласовалась очень хорошо с состоянием науки в XVII и в XVIII веках: Декарт, Кант и Лаплас создавали тогда свои космогонические системы, которые кажутся слишком упрощенными, слишком схематичными для новой Вселенной, как ее понимает наука сегодняшнего дня.

§ 28. ГЕЛИЕВОЕ ДЫХАНИЕ ПЛАНЕТЫ

Если новое представление о тепловом состоянии планеты отвечает действительности, возможно – и необходимо – найти другие его проявления вне области радиогеологии.

Хотя конечный итог атомного изменения планеты ускользает от наших экспериментальных приемов, так как ход его совершается слишком медленно в *масштабе человеческого* времени, должно все-таки существовать какое-то проявление этого процесса, чувствительное уже в масштабе нашего времени и потому доступное нашим методам наблюдения и опыта.

Это заключение, кажется мне, представляет следствие того большого изменения, которое совершилось в нашем научном мышлении в течение последних лет.

Новое понятие о Времени входит в науку. Время делается объектом научных исследований. При этом пространство–время, как всякая реальность, двояко проявляется в науке.

Вот почему в пространстве–времени радиогеологические явления должны и могут быть изучаемы не только на протяжении долгих веков, необходимых

для их конечных результатов, но также на протяжении коротких отрезков времени, в каждодневном проявлении. Такой взгляд на проблему выдвинут сейчас благодаря точности научных методов: сумма радиоактивных процессов, которые происходят в земной коре и которые отражают атомную эволюцию Земли в ее повседневном движении поддаются количественному измерению в виде содержания гелия в тропосфере, дополненного изучением периодических и местных колебаний этого содержания.

Действительно, α -лучи оставляют свой продукт – гелий, который больше не изменяется во времени и который накапливается в среде, где происходит этот процесс.

Как газ легкий, гелий должен проходить в атмосферу над континентами (и, может быть, над Океаном).

И суша и море должны выделять гелий пропорционально интенсивности радиоактивности в каждой местности.

Благодаря прекрасным исследованиям проф. Панета научились определять количества гелия с точностью, которая, выраженная в весе, превышает точность измерения радиоактивности и, выраженная в объеме, может достигать 10^{-7} – 10^{-9} , т.е. миллиардных долей.

В процессе анализа газовой смеси гелий собирается вместе с неоном в последних фракциях. Он может быть выделен в состоянии большой чистоты при помощи сжижения неона; операция эта не представляет никаких трудностей при наличии жидкого водорода. Можно, таким образом, определить содержание гелия в земных газах с точностью, достаточной для измерения выделения гелия Землей.

Организация этих измерений представляет необычайный интерес.

Прогресс в научной области – это вопрос точности основных числовых данных. Для геологии и, особенно, для радиогеологии количественное изучение выделения гелия, хочется сказать гелиевого дыхания Земли, это – работа, которая поведет нас в неизвестное до предела, отдаленность которого мы еще не представляем себе.

Я не сомневаюсь в том, что эти измерения будут организованы: этим будет сделан решительный шаг в истории радиогеологии.

Этим пожеланием я заканчиваю эту работу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

1. *W. Vernadsky*. La Geochimie. Paris, 1924 (Alcan, éd.). Французское издание устарело и не отвечает современному состоянию науки. Есть русское издание (1927) и немецкое издание (1930), оба широко распространены, так же, как и японское издание (1934).
W. Vernadsky. La Biosphère. Paris, 1930 (Alcan. ed.).
3. *P. Curie*. Euvres. Paris, 1908.
B. Boltwood. American Journal of Science (4), 20 (1905), p. 253 и 23 (1907), p. 77.
4. *J. Joly*. Nature, 68 (1903), p. 526. В 1908 г. Д. Джоли впервые дал общее изложение своих идей во время сессии Британской Ассоциации; потом он их опубликовал в книге, которая имела большое влияние (*J. Joly*. Radioactivity and Geology (1909); также см. *J. Joly*. Surface history of the Earth, 2-e ed. (1930), предисловие.
6. *R. J. Strutt*. Proc. of Rl. Society, 77 (1906), p. 150 и p. 177; 81 (1908), p. 272; 83 (1909), p. 96 и p. 293; 84 (1909), p. 379.
7. *W. Vernadsky*. Miner. Petrogr. Mittlungen, 44 (1932), p. 168.
8. *S. Lind* и *Bartwell*. Journ. of Amer. Chem. Soc., 48 (1926), p. 1556, 2335 и 2351.
S. Lind. Science, 73 (1931).

- S. Lind*. The chemical effects of α -particles and electrons (1931).
V. Hess, Die elektrische Leitvermögen der Atmosphäre (1926).
В. Хлопин. ДАН СССР, 1928.
 О земных атмосферах см. также *В. Вернадский*. Природные газы (II, 1931); История минералов земной коры (II, 1933). О разделении изотопов в земной коре см. *P. Puneh* и *G. von Hevesy*. Lehrbuch der Radioaktivität. 2-е ed. (1932). *В. Вернадский*. ДАН СССР (1926). Elektrochem. Zeitsch. (1932).
10. *В. Вернадский*. О геохимии радиоактивных элементов в «Геохимии». В новом русском издании (1934) эта глава приведена на уровне современных знаний. О радиогеологической карте см. *W. Vernadsky*. Elektrochem. Zeitsch., 1932.
 11. *В. Вернадский*. О рассеянии химических элементов и, в частности, радиоактивных элементов в «Геохимии».
 12. The age of the Earth (Bulletin of the National Research Council, Wash., 1931). *C. Schuchert*. Ib., 1931, p. 14 и 48.
 13. *К. Ненадкевич*. Изв. АН СССР. Т. XX, 1926, с. 772.
А. Ферсман. Ib., с. 775. *J. Sederholm*. Bull. Carte Geol. de Finlande, N. 91 (1930); Bull. of the Geol. Soc. of Amer., 38 (1928), P. 813. *H. Ellsworth*. The rare-element minerals of Canada, 1932, p. 105. *H. Spence*. Sur l'Age du nachsturane du Great Bear Lake. Min. Rev. and Min. Industry, Ott. 1922, p. 55. *A. Holmes*. Bull. of the National Research Council. 1931, p. 124.
 14. О концентрации урана в органических веществах: *В. Вернадский* в «Геохимии». О фигурах коррозии на кальците, производимыми органическим веществом. *L. Royer*. Bull. Soc. fr. de Mineral (1930). Также см. по этому вопросу *V. Vernadsky*. Revue générale des Sciences (1932).
 15. *J. Joly*. Surface history of the Earth, 2-е ed. (1930).
A. Holmes. Journal of the Washington Academy of Science, 23 (1933), p. 169 (с библиографическим указателем).
 17. О диссимметрии вод Земли см. *В. Вернадский*. История минералов земной коры (СПб., 1933). Об океане см. *W. Vernadsky*. Miner. Petrogr. Mineilungen, 44 (1932), p. 168.
 20. *Burxer, Brun* и *Bronstein*. Biochem. Zeitsch. 181 (1927), p. 145. *В. Вернадский*. Докл. ДАН СССР. 1929. № 2, с. 33–34. *Б. Бруновский*. Труды Биогеохимической лаб., 6, 1, 1930 и II, 1932. *В. Вернадский*, *Б. Бруновский*, *К. Кунашева*. Докл. АН СССР. 1933, с. 1556. См. также *В. Вернадский* в «Геохимии».
 21. *S. Lind*. Proceed. of the Nation. Acad. of Sc. 11 (1925), p. 772. *R. Wells*. Joun. of the Washington Acad. of Sc. 19 (1929), p. 321. *Mc-Lennan*. Bull. of Miner. Branch. Dep. of Mines. N 31; Nature. N 31; Nature, 105 (1920), p. 748.
 22. Библиография, относящаяся к этому параграфу, дана в статье *В. Хлопина* и *В. Вернадского* в Elektroch. Zeitsch. 1932. Новые работы *Я. Никитина*, *В. Комлева*, *М. Меркуловой*, *П. Мятелкина*, *В. Савченко* появились в Трудах Радиового Института в 1933 г. (т. II, с. 157, 160, 176 и 207).
 23. *Scheuerhöhn*. Die Nuberakkergerst. Südafrikas. (1928), S. 111. *H. Ellsworth*. The rare-elements minerals of Canada, 1932, p. 131. *A. Schoep*. Les mineraux des gites uraniferes du Katanga. Ann. du Musée du Congo Belge, Bruxelles, 1 (1930) и 3 (1932). *J. Thoreau R.*, *Trieu de Terdonk*. Le gite d'uranium de Schinkolobve Karola (Katanga). Mem. d. l'Inst. Colon. Belge. d.s. Nat. N 80. Bruxelles (1933). О геологии месторождения см. *A. Holmes*. Bull. Nat. Res. Council, N 80 (1931, P. 361 (с библиографией). *W. Vernadsky* и *C. Chamie*. C.R. Acad. Sc. de Paris, 178 (1924), p. 1726. *Y. Van Aubel*. C.R. Acad. Sc. de Paris, 187 (1927), p. 586 и 655. О составе уранинитов см. *В. Вернадский*. О радиоактивных минералах в земной коре. Пг., 1915 (Практическая медицина, III); также в «Геохимии». О Морогоро см. *A. Holmer*. Bull. Nat. Research Council, N 80 (1931), p. 366.
 24. О значении свободного кислорода см. *В. Вернадский*. Проблемы биогеохимии, 1, 1934.
 25. *H. Ellsworth*. Amer Mineralogist, 19 (1925), p. 137; The rare-element minerals of Canada, 1932, p. 243. *A. Holmes*. Philos. Magazine, 7 (1926), p. 1068; Bull. Nat. Research Council, N 80 (1931), p. 213. О макроскопических явлениях, относящихся к радиохимическим изменениям, области исследования очень заброшенной, см. *В. Вернадский*. О необходимости изучения радиоактивных минералов. Пг., 1914. О микроскопических явлениях ореола, которые наиболее привлекали внимание исследователей, но для которых недостает точных химических наблюдений см. *A. Holes*. Bull. Nat. Res. Council. N 80 (1931).

26. *H. Ellsworth*. Amer. Mineralogist, (1928); 16 (1931); 17 (1932), The rare-element minerals of Canada, 1932, pp. 172, 182, 183, 273. *А. Лабунцов*. О значении тухолига. *V. Spence*. Amer. Mineralogist. 15 (1930).
27. Я касаюсь проблем радиохимического изменения состава Земли во втором русском издании «Геохимии», (1934) о карбоцере см. *Л. Антонов, И. Старынкевич-Борнеман, Н. Чирвинский*. Сб. Хибинские редкие земли и пирротины. V, Л., 1935, с. 174, 179.
28. О проблеме времени см. *W. Vernadsky*. Rev. gener. des Science, Paris (1934); Изв. АН СССР. 1932. № 4, с. 511.

О НЕКОТОРЫХ ОЧЕРЕДНЫХ ПРОБЛЕМАХ РАДИОГЕОЛОГИИ*

І. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

1. Двадцать четыре года назад, в 1910 г., в речи, произнесенной на Общем собрании Академии наук – «Задача дня в области радия»¹, – я пытался обратить внимание на изучение явлений радиоактивности, проявляющихся на нашей планете, в ее минералах и в горных породах, пытался направить внимание на изучение явлений не радиоактивности самой по себе, а радиоактивности Земли. В связи с этим я дал тогда программу систематического изучения радиоактивных явлений в нашей стране². Только через три года после того, после нескольких отказов, Академия смогла получить законодательным путем относительно большие, достаточные средства для прочной, казалось, и широкой постановки изучения с этой точки зрения территории России. Но реально удалось провести только один раз экспедиционную работу в 1914 г.³ Началась мировая война, и ход истории сломал все начинания.

Но основная точка зрения была верная. Она не замерла и сейчас в новом виде возрождается.

Живое выражение такой постановки изучения явлений радиоактивности сохранилось в нашей стране в организации нашего Радиевого института, исторически выросшего из созданной для выполнения программы 1913 г. Радиевой экспедиции Академии наук. Наш институт резко отличается от радиевых институтов других стран тем, что изучение радиоактивных свойств планеты стоит в нем на равном месте с химическим и физическим изучением явлений радиоактивности.

В речи в 1910 г. я говорил: «К сожалению, в то время как столетняя работа поколений физиков подготавливала понимание явлений радиоактивности, – в другой области, в области конкретной природы, в химии земной коры, в минералогии, эта подготовительная работа не была сделана... В этом коренном различии исторического развития связанных с учением о радиации областей знания лежит разгадка того противоречия, какое наблюдаем мы между совершающимся переворотом в научном мышлении и малым отражением его на

* Доклад, прочитанный в Отделении математических и естественных наук АН СССР 20 декабря 1934 г. Впервые опубликован в: Изв. АН СССР. Сер. 7. ОМОН. 1935. № 1. С. 1–18.

¹ *Вернадский В.И.* Задача дня в области радия. См. настоящее издание. С. 10–17. – *Ред.*

² *Вернадский В.И.* О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской Империи. См. настоящее издание. С. 33–78. – *Ред.*

³ *Вернадский В.И.* Краткий отчет о ходе исследования радиоактивных месторождений Российской Империи летом 1914 г. См. настоящее издание. С. 242–261. – *Ред.*

конкретных представлениях о природе, на условиях их человеческой жизни». И дальше: «В минералогии приходится совершать сейчас в разгар изучения явлений радиоактивности ту подготовительную работу, которая должна была быть сделана ранее».

Я никак не думал, что доживу до коренного поворота в понимании радиоактивных свойств планеты, буду переживать в связи с этим новое глубокое изменение всего научного мировоззрения. Науки о Земле начинают сейчас так же меняться под влиянием явлений радиоактивности, как 24 года назад менялись науки физические и химические.

2. По существу науки о Земле резко отличаются по характеру своих объектов от наук физико-химических. Это науки конкретные – это природа натуралиста, красочное частное выражение общих построений физики и химии.

Физические науки изучают материю, энергию, время, пространство; они неизбежно в научном мышлении и в своих общих законах, проявляются всюду, охватывают все.

Науки о Земле изучают область частного единичного случая – одну небольшую планету, теряющуюся в мироздании.

За последние 3–4 года под влиянием открытия новых явлений в радиоактивности, успехов геохимии и геологии, изменение их пошло чрезвычайно быстро. Можно сказать, что в основном подготовительная работа, о которой я говорил в 1910 г., закончена. «Подготовка» не заняла и 20 лет.

Науки о Земле вводятся ясно и резко в тот вихрь изменений, который с 1895–1896 гг. держит в напряжении человеческую мысль в области наук физических и химических.

3. Сейчас можно и нужно говорить о новой создающейся науке – о радиогеологии¹, науке о радиоактивных свойствах нашей планеты, о происходящих в ней, ей свойственных особых радиоактивных явлениях. Эта новая отрасль знания находится в быстром становлении и должна быть сейчас освоена и продумана и теоретически и практически. Ибо она не только имеет для нас глубочайшее значение, так как связывает с новой физикой и с новой химией – в конкретной земной обстановке – науки о жизни и о нас самих, но и потому, что она дает в руки человека новые пути и новые формы овладения природой, новую силу.

4. Останавливаюсь на двух стоящих на очереди проблемах, требующих организованной работы.

Одна из больших проблем ясна в своем значении. Это проблема – в точности *определения геологического возраста наиболее древних участков суши*; другая должна быть поставлена, но значение ее неясно. Возможно, что она окажется более сложной, чем мы сейчас предполагаем. Это *проблема о гелии как мере радиоактивного процесса в нашей планете*.

II. ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ И О ЕГО ЕДИНИЦЕ – ДЕКАМИРИАДЕ

5. Вопрос о различной древности участков суши – основной вопрос геологии.

Он научно глубоко поставлен в конце XVIII в., по существу в современном понимании, шотландским натуралистом, мыслителем, химиком, геоло-

¹ См. В. Вернадский. Les problèmes de la radiogéologie. P., 1935.

гом и врачом, можно сказать мудрецом в жизни, Джемсом Геттоном (J. Hutton, 1726–1797).

В начале XIX в. эта проблема привела к созданию геологической карты, которая в конце прошлого века вылилась в геологическую карту всей суши – в некоторых частях и всей планеты, и доведена работой поколений геологов до чрезвычайной точности и глубины и играет огромную роль в нашей культуре. Несомненно, эта карта охватит в конце концов и моря.

Но это было решение явно не окончательное. Можно сейчас точно учесть последовательность геологических систем – эр, периодов, ярусов, но нельзя выразить эту последовательность количественно, в числах.

Эту возможность дает впервые изучение радиоактивных явлений планеты.

В мышлении геологов при составлении геологической карты, первоосновы всей геологической работы, нет единой и неизменной единицы для сравнения длительного процесса. Различные участки суши по возрасту, по древности лика Земли, выявляемые на этой карте, количественно не сравнимы. На карте много различных единиц времени, определяющих геологический возраст, и мы величину этих единиц не знаем – мы знаем только, что они чрезвычайно различны.

6. Беря последний наиболее авторитетный учет геологического времени на основе радиогеологических¹ и геологических измерений, профессора К. Шухерта и К. Денбара (1933)², мы имеем следующие числа дления геологических подразделений. Я беру только самые общие подразделения. Третичное время, по К. Шухерту, отвечает 60 миллионам лет. Беря его за единицу, мы имеем для других геологических, в некоторых отношениях равноценных ему делений:

Третичное	1,00
Мезозойское	2,33
Палеозойское	5,66
Докембрийское	24,33

Всякое явление и в пределах каждого из этих больших подразделений отвечает разной единице. Так для мезозоя:

Триас	1
Юра	1,4
Нижний	1,2
Верхний мел	1,2

Очевидно, такое резкое разнообразие смены единиц для определения последовательного хода геологического времени дает только первое, самое общее представление о ходе геологических явлений в их исторической последовательности.

Где же тут говорить о точности мышления в количественном учете основных геологических явлений!

¹ См. работы Американской комиссии Национального исследовательского совета Соединенных Штатов в Национальной академии наук; *The age of the Earth. Bull. Un. St. Nation. Research Council.*, 80, W., 1931.

² *C. Schuchert a. C.O. Dunbar: A Textbook of geologie*, 3 ed. N.Y., 1933, p. 80.

Тридцать два года назад, в заседании Парижского физического общества в 1902 г., Пьер Кюри первый понял то глубочайшее изменение, которое в науке о Земле вносится радиоактивным распадом. Он указал, что радиоактивный распад дает возможность человечеству овладеть эталоном времени¹.

Этот эталон времени позволит выразить все геологические явления, геологическую карту в том числе, в одной определенной единице и, больше того, связать ее с эталоном времени физиков и химиков, с эталоном науки – с секундой.

7. Геологические явления отвечают истории земной коры; секунда в этой области явлений будет слишком мелкой для земной коры единицей. Начинают употреблять в геологии годá – единицу житейскую, приноровленную к историческому времени, годá тоже слишком мелки для геологического времени, с которым мы имеем главным образом дело в радиогеологии. Дление геологических явлений иного порядка, чем дление явлений исторических.

Радиогеология, как сейчас становится ясным, имеет дело с таким длением явлений, в котором год является явно неудобной единицей, подобно тому как неудобна была бы секунда в обыденной жизни. Неудобна психологически. Мы теряем в работе нашего сознания способность правильно при этом осознавать длительность наблюдаемых процессов; мы должны работать с такими большими числами, с какими не привыкли иметь дело в обыденной жизни. Хотя в науке в последнее время, благодаря стонеевскому способу обозначения чисел декадами, мы приучаемся обращаться и с чрезвычайно большими и с чрезвычайно малыми числами, но геологические данные связаны с *гущей жизни*, и не стоит здесь приучаться к неудобной житейской мере времени.

Секунда является $3,17 \cdot 10^{-8}$ частью года (3,17 – стомиллионной частью года). Год по отношению к максимальной величине, с какой пока имеет дело радиогеология (2,15 миллиарда лет)², составляет много меньшую величину – $4,65 \cdot 10^{-10}$, т.е. отвечает по длению 4,65 десятиллиардной части древнего геологического явления, до сих пор встреченного. Но ничего не указывает, чтобы не были в будущем открыты в биосфере явления, которые будут отвечать трем миллиардам лет, может быть, даже бóльшим. Очевидно, такая единица геологического времени неудобна: она непривычно мешает нам чувствовать, реально представлять себе геологическое время.

Мне кажется, что при наборе единицы геологического времени надо учитывать различие между геологическим и историческим временем. Надо считать историческое время (существование культуры) сотнями тысяч лет. С этой точки зрения, удобно взять вместо года для учета геологического времени величину в 100 000 раз большую. Назовем ее декамириадой³. Она составит $4,65 \cdot 10^{-5}$ самого древнего явления, нам пока неизвестного⁴ (т.е. 4,65 стотысячных).

¹ См. *P. Curie. Oeuvres. P., 1908, p. 439.* Эта работа – несколько строчек реферата в печатных протоколах – исчезла и вне Франции не была отмечена. Я, как и другие, не знал о ней и думал, что Резерфорд был первый (1904), который указал в печати на это огромнейшей важности явление. В разговоре со мной по поводу этой статьи М. Склодовская-Кюри указала мне на мою ошибку и на перепечатанную в «Трудах» П. Кюри его небольшую заметку.

² Определение *К.А. Ненадкевича*. См. *А. Лабунцов*. Докл. Акад. наук. СССР. 1935. Т. 1, с. 646.

³ От бека – десять, *мүртац* – тысяча; десять тысяч.

⁴ Примерно тот же порядок будет составлять год для исторического времени; все укладывается в человеческой истории пока в пределах сотен тысяч лет; одну стотысячную часть одной декамириады составляет год.

8. Декамириады удобны, мне кажется, для исчисления геологического времени. Ими можно обозначать и геологически длительные и геологически короткие процессы. Вместо миллионов и миллиардов лет, нам придется иметь дело с десятками тысяч и тысячами декамириад. Тысячи и десятки тысяч лет будут отвечать сотым и десятым долям декамириады.

Вся длительность всех хронологически изученных процессов будет пока равна 21 500 декамириад.

У нас пока чрезвычайно мало точных определений времени геологических явлений, шедших в одном и том же месте и относящихся к одному и тому же процессу, по крайней мере для которого это представление допустимо.

Сейчас наименьшее измерение такого рода явлений отвечает примерно 17,5 миллионам лет: это время, протекшее между двумя генерациями уранинитов в Шинколобве в Катаранге, в Бельгийском Конго. Здесь, по-видимому, в одном месте повторилось два разных пегматитовых процесса, один из них своеобразный. Более новый процесс изменил ранее отложившиеся тела. В промежутке 17,5 миллионов лет отложились замечательные свинцовые минералы этого месторождения, весь свинец которых состоит из одного изотопа – из уранового свинца¹. Я беру расчеты С. Гитчена и Р. ван-Обеля². Если мы перечислим геологическое время в декамириады, мы получим время, прошедшее между этими двумя процессами, равным 175 декамириадам.

9. Может быть, позволено мне будет, чтобы яснее был виден масштаб и более были поняты в этом масштабе геологические процессы, выразить в декамириадах несколько явлений и предположений – исторических и геологических:

Христианское и еврейское представление о существовании мира	5,69 · 10 ⁻² декамириад		
Древнейшая египетская династия	4,2 · 10 ⁻³	»	
Существование мира, по Бюффону ³	1,68	»	
Отход Скандинавского ледника	1,52 · 10 ⁻¹	декамириад тому назад	
Существование человека	7,5–10	декамириад	
Третичное время (здесь и ниже – по числам К. Шухерта и К. Денбара ⁴ , 1933)	10–600		
Мезозойское время	600–2000		
Пермокарбон	{	Пермское время	2000–2400
		Пенсильванское время	2400–2800
		Миссисипское время	2800–3100
Девонское время			3100–3500
Силур	{	Силурийское время	3500–3800
		Ордовикское время	3800–4500
Кембрийское время			4500–5400
Докембрийское время			5400–21 500

¹ См. В. Вернадский. Le problème de la radiogéologie. P., 1935, p. 46 и сл.

² S. Hitchen e. R. van Aubel. Comptes Rendus Acad. Sci. Paris, p. 199, P., 1934, p. 1135. Авторы не были сами на месторождении, по любезному сообщению проф. Торо в Лувене, но вывод их мне представляется возможным по другим соображениям.

³ Это была первая (1917) попытка противопоставить библейской деятельности мира длительность геологическую. Бюффон считал, что это число меньше действительности (beaucoup trop courte). См. G. de Buffon. Epoque de la nature, 2-e ed., I. P., 1785, p. 256 и сл.

⁴ C. Schuchert a. Dunbar. Textbook of geology, I, N. Y., 1933, p. 80.

10. Надо заметить, что такое определение времени должно чрезвычайно уточнить понимание геологической одновременности – синхроничности.

Геологические процессы медленны в масштабе нашего исторического времени, и для главнейших их проявлений одна декамириада едва ли когда их охватит. Они должны являться в некоторых своих чертах одновременными для многих процессов в пределах нескольких декамириад, так, например, дление большой складчатости (альпийской или герцинской), застывание батолита, отложение осадочной породы, создание нового рода или вида организмов по длительности могут измеряться сотней – другой декамириад: явления с таким различием возраста будут геологически синхроничны, геологически одновременны.

11. Нельзя не отметить, что геологические системы, включая палеозой, для которых наши знания носят геологически более точный характер, захватывают не более 27% геологического времени, может быть, еще меньше, так как предельный, древнейший возраст, докембрийского времени известен нам случайно. Возможно, и это надо исследовать, что древнейшие слои докембрия на суше отвечают длению не в 20 000, а в 30 000 декамириад и, может быть, даже больше. В таком случае окажется, что мы имеем более конкретное геологическое понятие только в 18% геологического прошлого по его длению.

Определение древнейших участков суши есть одна из первых задач, стоящих на разрешении перед радиогеологией. Знать ее важно прежде всего для того, чтобы оценить меру нашего познания геологической истории нашей планеты, но оно важно и по существу.

Докембрийские отложения занимают значительные части суши, и одной из самых очередных задач радиогеологии является определение среди них участков земной коры максимальной древности, находящихся в пределах биосферы или из нее доступных.

Наряду с ней стоит другая основная задача: эмпирически – геологически точно – измерить в декамириадах или в других единицах: во-первых, возраст геологических систем и их более дробных делений и, во-вторых, дление того *перерыва нормального процесса*, которое привело геологов к разделению истории Земли на геологические системы (т.е. общее определение длительности геологической одновременности геологических перерывов – § 10).

Для каждой страны должна быть эта задача разрешена отдельно, и, очевидно, должно быть международное соглашение для того, чтобы работа была сделана хорошо, систематически и быстро.

Эту работу ставит Государственный Радиевый институт (совместно с Радиологической лабораторией ЦНИГРИ) перед организационным комитетом по созыву Международного геологического конгресса (в Москве в 1937 г.). Оба учреждения уже два года готовятся к этому и проделали большую работу в выработке, улучшении методики и установке аппаратуры.

III. О ДРЕВНЕЙШИХ УЧАСТКАХ СУШИ И ДРЕВНЕЙШЕМ ВРЕМЕНИ В БИОСФЕРЕ

Уровень метаморфизма

12. Здесь я хочу говорить не об этой, а о другой проблеме, мне кажется, гораздо еще большего значения с точки зрения общего научного мировоззрения. А именно – о реально наблюдаемых древнейших участках суши и о

необходимости их систематического разыскания и выяснения того, что собой они представляют, чем отличаются от участков более новых.

Очень часто эту проблему называют *проблемой возраста Земли*. Мне кажется, такое название неточно: явление, которое здесь изучается, не отвечает возрасту Земли, хотя с ним связано; геологически оно принадлежит к другой логической категории.

Древнейшие участки суши считают за указатели возраста Земли, понимая его астрономически как время образования нашей планеты и период сложения Солнечной системы.

До сих пор, однако, нет ни одного явления, которое бы наблюдалось в биосфере и которое приводило нас к этим гипотетическим временам – к до-геологическим временам Земли.

Поэтому говорить о возрасте Земли на основании радиогеологических данных мы не можем.

Мы до сих пор материально нигде не выходим за пределы биосферы. Можно, следовательно, говорить о максимальной древности пород биосферы, древнейших следах происходивших в ней геологических явлений.

При определении возраста биосферы радиоактивным распадом изучается древность процесса, создавшего материальное образование, находящееся в биосфере (порода, минерал, окаменелость), с этой точки зрения изучаемое, и длительность того радиоактивного распада, который в нем происходит. Можно использовать для определения возраста только такое твердое тело, которое не изменено позднейшим процессом, нарушившим сохранность в нем исходных радиоактивных элементов – урана, тория и конечных продуктов – ториевого и уранового свинцов и гелия.

До сих пор с этой точки зрения не использованы рубидий и калий и, соответственно, стронций и скандий (?). Их использование с этой целью – задача ближайшего будущего.

Мы знаем, что неизменность твердого вещества биосферы ограничена во времени. Во всякой точке земной коры, в биосфере, при углублении в нее мы неизбежно сталкиваемся с породами, измененными процессами, шедшими после их образования.

Это проявления так называемого метаморфизма. Они касаются как пород осадочных, так и пород массивных.

Вероятнее всего, мы в биосфере встретим какую-то определенную величину времени, которая будет отвечать наиболее молодому уровню метаморфизма, если позволено будет так выразиться (§ 14).

Глубже него в мрак времен мы этим путем не проникнем. Но это не будет возраст планеты: метаморфизм – процесс земной поверхности, больше того – процесс суши¹.

13. Наиболее древний участок во всем мире, до сих пор наблюдаемый, находится у нас в Карелии. Это пегматитовые гранитные жилы в Синеи Пале, возраст которых определяется, по К.А. Ненадкевичу и А.Е. Ферсману, в $1,85-2,1 \cdot 10^9$ лет²;

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии.

² 18 500–21 000 декамириад. Первое число – поправка, внесенная Вашингтонской комиссией; второе – новое число, вычисленное К.А. Ненадкевичем. См. А. Лабунцов, I. с., 1935.

я о них буду еще снова говорить¹. Другой – тоже пегматитовые жилы в гранитных породах – найден в этом году в Виннипеге в Канаде. Возраст их $1,75-1,82 \cdot 10^9$ лет, т.е. 17 500–18 200 декамириад.

Столько времени наша Земля, несомненно, уже существовала как таковая в своей косной материи и, по-видимому, во внешних физических условиях очень схожая с современной, далекая от первых времен своего существования.

Резко отличались в это время от современности только формы жизни и, очевидно, многие, но не все, с ней связанные геологические явления. Эти отличия, однако, не были геологически глубоки, так как жизнь шла в условиях среды обитания, климатически и геохимически близких к современным.

14. Точное нахождение наиболее древних участков биосферы сейчас важно прежде всего потому, что с этими участками должны быть связаны проблемы геологические большого значения в радиогеологии.

Я, конечно, не могу здесь входить в их обсуждение, но должен все же на некоторой их части остановиться.

Во-первых, чрезвычайно важно было бы убедиться, что эти древнейшие участки не дают никаких указаний на резкое отличие условий их образования от современных, как это многие допускают, – оставляя в стороне всякие гипотетические представления о прошлом Земли и основываясь только на наблюдении, на фактах. Сейчас все же эмпирически допустимо, что древнейший архей указывает на несколько иные условия среды биосферы, чем все позднейшие геологические времена (вплоть до сегодня). Есть указания, хронологически, однако, не проверенные, что отложения, геологически считающиеся древнейшими архейскими, более богаты проявлениями вулканических процессов и магматических инъекций, чем более молодые по возрасту отложения. Может быть, мы подходим в них к азойским отложениям, что сейчас представляется по другим соображениям мало вероятным. Так ли это? Решить какое из представлений верно, геологически очень важно, так как только в таком случае можно получить прочную точку опоры для построения истории нашей планеты. Сейчас различие разных отделов архея почти везде спорно, и то, что считается древнейшим археем, может оказаться относительно очень молодым. Точно радиологически определенные как древнейшие части биосферы и выраженные в десятках тысяч декамириад участки суши должны быть исследованы с этой точки зрения и позволяют решить этот основной в истории Земли вопрос. Если окажется верным представление об особых физико-географических условиях древнейшего архея, синхронически установленного новым методом определения геологического времени (сейчас это только одна из возможных рабочих гипотез), – мы определим возраст биосферы – времени установления современных условий среды жизни. Может, однако, оказаться, что слои, геологически считающиеся древнейшим

¹ Очень важно, что результаты геологического исследования Карелии, долголетней работы проф. В.М. Тимофеева, дают для пегматитов Синей Палы возраст верхнего архея (ботнийское время). Это заставляет обратить особое внимание на точное определение геологического возраста участков суши в Карелии и Лапландии. По любезному указанию В.М. Трофимова и А.А. Полканова, наиболее древние участки (свионийское время) лежат на запад от Синей Палы, ближе к финляндской границе. Здесь можно ждать возраста горных пород много большего. Это одна из первых задач, решение которой ставится Радиевым институтом в связи с Международным геологическим конгрессом.

археем, им не являются в действительности или что древнейший архей не дает никаких указаний на изменение физико-химических условий теперешней биосферы. Если действительно в древнем архее мы наблюдаем начало зарождения биосферы, мы можем принять его за нулевую точку геологического времени – начало первой декамириады.

15. Но даже, если бы оказалось, что сейчас кажется вероятнее, что такого начала мы в геологических отложениях не находим – все же начало геологического времени может быть выявлено, исходя из другого геологического явления, с которым мы в таком случае неизбежно встретимся.

Сейчас мы ведем счет геологического времени с современной эпохи и идем вниз, в глубь геологического времени, от базиса, неустойчивого во времени, с постоянно растущим, произвольно выбранным уровнем, например с 1900 или с 2000 года нашей эры, с современного времени, как это делают в некоторых геофизических или астрономических проблемах.

Было бы важно найти какой-нибудь реальный базис в геологически доступной части нашей земной коры, т.е. в биосфере, в среде нашей жизни.

Нет ли в строении биосферы естественного базиса хронологической шкалы, с которого удобно начать счет геологического времени вверх, а не вниз, – счет от нулевого уровня геологического времени, помимо ее предполагаемого геологически определенного начала? Не явятся ли древнейшие по времени участки биосферы таким уровнем?

Решить это можно только эмпирически: надо систематически определить возраст всех отложений, считаемых архейскими, и найти среди них древнейшие.

Возможно, судя по явлениям метаморфизма, что мы в биосфере встретимся с пределом возможного существования древнейших неизменных участков суши, т.е. таких, которые в течение геологического времени не подвергались новому геологическому процессу, разрушившему установившееся было радиоактивное равновесие, по неизменности которого определяется геологическое время.

По-видимому, палеонтологические остатки жизни уничтожены в своих следах метаморфическим процессом где-то в протерозое ниже альгонкского времени, примерно не позже 8000–9000 декамириад назад.

Можно думать, исходя из анализа явления геологического времени, что такой же предел применения новой методики его определения, его отражения в окружающей нас природе, будет где-то встречен, но много глубже, и для радиологического процесса: все твердые породы будут в корне, с точки зрения радиологического процесса, изменены появлением в каждой из них нового радиоактивного распада. Мы сможем определять время только после этого последнего радиоактивного распада.

Возможно, что мы здесь встретимся и с новыми проявлениями радиохимического изменения. Но пока не будет произведено систематическое исследование, мы будем только гадать.

Если поставить работу систематически, возможно решить ее в короткий срок. Сейчас вполне возможно ожидать для архейских пород большей давности, чем 20 000 декамириад, – может быть, 30 000 декамириад и несколько выше. Измерений очень мало, и радиологическая работа определения времени шла *по минералам*, а не *по породам*. Сейчас можно поставить работу

иначе – определять прямо возраст пород. Очевидно, надо определять петрографически грамотно, обращая внимание на более древние части пород, учитывая составные части древнейших конгломератов, ксенолитов и т.д.

Если действительно существуют в непосредственно доступных изучению слоях земной коры – в пределе в метаморфической области – древнейшие части, всюду в земной коре геологически одновременные, отвечающие темпу метаморфизации земной коры, – вся *схема* геологического учета времени коренным образом изменится. *Нулевым временем будет время архейской системы.* Третичная система будет отвечать 20–30 тысячам декамириад. Нулевой уровень будет отвечать *уровню метаморфизации*, т.е. 1) неизбежному превращению осадочных пород в однообразную массу неподвижных силикатовых и алюмосиликатовых пород, уничтожающих для нас остатки былой биосферы, изучаемые привычной геологической методикой, и 2) неизбежному в ходе времени уничтожению первоначального радиоактивного процесса во всякой точке земной коры.

Но отсюда отнюдь не следует, чтобы мы таким путем достигли непосредственного времени создания нашей планеты.

Мы получаем только базу, с помощью которой можем исчислять ход времени так же, как мы исчисляем время историческое, которое станет простым предположением времени геологического.

Ниже уровня метаморфизма надо будет искать других проявлений былой земной поверхности, может быть, все еще биосферы. Вероятно, такие найдутся. Для них придется употреблять какие-нибудь другие обозначения, вроде отрицательных знаков для декамириад этих былых времен, исчислять н.у.м. (ниже уровня метаморфизирадиологического), как мы делаем для исторического времени А.Д., до н.э. и т.д., которое сейчас в ходу у нас или в человечестве современной мировой цивилизации.

Все это выяснится только при систематическом искании древнейших участков суши и их тщательном петрографическом изучении.

Возможно, что откроются первично-азойские слои или даже, что было бы совершенно неожиданно, слои догеологического состояния нашей планеты, приближающие нас к решению этим путем задачи возраста нашей Земли.

Но единственный верный путь для решения всех этих проблем есть определение древнейших участков суши.

16. Точное изучение так выделенных наиболее древних участков суши имеет и другое огромное, чисто радиогеологическое значение.

Именно в этих областях мы должны встретиться с наиболее резкими и глубокими проявлениями радиохимических измерений¹. Эти явления почти не изучены, а между тем за последние годы все увеличиваются указания, заставляющие нас обратить на них самое серьезное внимание, ибо, по-видимому, радиохимические изменения играют очень важную роль в структуре земной коры.

Особенно важен процесс, связанный с распределением молекул воды, всюду проникающих земную кору, всю ее твердую материю²: молекулы воды под влиянием α -излучений распадаются на водород и кислород (частью через H_2O_2).

¹ В. Вернадский. Le problème de la radiogéologie, P., 1935, p. 51 и сл.

² В. Вернадский. История минералов земной коры. Т. II, в. 1, Л., 1933, с. 11 и сл.

Мы начинаем теперь понимать, что радиохимическое изменение вызывает большие явления в земной коре, не меньшие, чем другие проявления радиоактивного распада. Значение тепловых его проявлений, как мы теперь видим, одного из основных источников геологической энергии, никем теперь, думаю, не может научно оспариваться. Но за последние годы мы наблюдаем такие проявления радиохимических процессов, как радиевые и мезоториевые воды нефтяных месторождений или гелионосные подземные атмосферы, совсем неожиданные явления, которые заставляют ждать и других больших неожиданностей в области знаний.

Древнейшие области суши, проникнутые водой, должны быть областями генезиса свободного водорода, который будет скопляться и оставаться в них, в то время как выделяющийся кислород тотчас же химически захватывается, например, урановыми атомами. Можно даже в урановых минералах проследить некоторые фазы этого захвата.

Мы здесь в возможности измерять в связи со всеобщим рассеянием радиоактивного распада встречаемся с замечательной чертой строения вещества планеты, которая очень отлична от того, что мы видим вокруг себя и привыкли видеть в химических реакциях наших лабораторий. Твердое вещество планеты в общем сохраняется неизменным в основных чертах своего химического строения сотни миллионов, миллиарды лет, если оно уединено от космической среды, носителя действенной энергии. Земная кора, в подавляющей своей части, составлена из силикатов и алюмосиликатов. Эти строящие литосферу кристаллохимические строения – минералы – неопределенно долгое время могут оставаться неизменными. И в то же время в своей структуре они сохраняют огромную действенную энергию, которая связана с тем, что основная преобладающая часть структуры большинства из них – каолиновое ядро – есть эндотермическое соединение, при распаде своем выделяющее тепло¹.

Эмпирически мы встречаемся здесь с формами твердого вещества, которые в течение геологического времени не дают химических реакций, химически инертны. Таковы, очевидно, космические, холодные твердые тела: метеориты, астероиды, мелкие планеты. Но, по-видимому, таково и земное вещество – вероятно, внутренние, глубокие, ниже земной коры лежащие (за пределами 100 км), части нашей планеты и в значительной мере сама литосфера в основной своей части.

В этой среде, в древних участках земной, доступной нам суши, химически не нарушенной с ходом времени, мы можем удобно изучить радиохимические изменения. Открылась перед нами огромная область новых явлений, ждущая исследователей.

Первый путь для этого – выявление древнейших участков суши.

17. Задача изучения древнейших участков суши нами в Радиевом институте уже поставлена. Мы ее начали на севере, в области Хибин. Совершенно ясно, что наряду с этим прежде всего необходимо выяснить то странное и замечательное явление, которое неожиданно для геологов выявилось в Синей Пале.

В прилегающих частях Фенноскандии в пределах Союза должны быть точно определены в декамириадах наиболее древние участки.

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии.

Очевидно, выяснение этой проблемы, физически древнейшей точки суши, должно быть сейчас же, не откладывая, начато. Нам кажется, что она должна проводиться в большом масштабе – для всех архейских пород нашей страны, для территории всего Союза, а не одной Карелии и Ленинградской области. Но область Карелии, ввиду такой ее особенности, должна быть нами, русскими учеными, изучена в первую голову. Тем более, что новые независимые измерения подтверждают данную К.А. Ненадкевичем высокую древность пегматитов Синей Палы¹, по монацитам этих пегматитов².

IV. О ГЕЛИИ КАК МЕРЕ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА НА НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ. ГЕЛИЕВОЕ ДЫХАНИЕ ПЛАНЕТЫ

18. Другая проблема, о которой я хочу сказать еще несколько слов, – проблема гелия как меры радиоактивного распада вещества планеты, выяснения различного распределения этого процесса в биосфере.

Мера интенсивности радиоактивного процесса в разных участках земной коры ясно различна. Мне кажется, точное о ней понятие может быть получено в количественных данных путем измерения содержания гелия в атмосферах разных участков земной коры и путем изучения колебаний его содержания в разных местах земной коры и в разное время³. Несомненно, в этом представлении есть гипотетическая сторона, но эта гипотеза есть научная гипотеза, рабочая гипотеза, которая по аналогии с историей в биосфере других газообразных продуктов распада – радона и его изотопов представляется мне логически неизбежной, если в свойствах гелия как газа нет какого-нибудь нам совсем неизвестного явления.

Радон и его изотопы неудобны по их краткотечности для поставленной Институтом цели.

Прежде чем перейти к этому вопросу, необходимо иметь в виду то изменение, какое происходит за последнее время в наших взглядах на земную атмосферу и которое, конечно, определяет постановку проблем, с ней связанных.

Во-первых, начинает выявляться, что атмосфера нашей планеты не связана с космическими стадиями ее истории и не заканчивается на уровне земной поверхности. Она непрерывно, закономерно меняясь в своем составе, местами резко, переходит в подводные и подземные атмосферы. Она создается в своем газовом составе, образуется постоянно идущими химическими процессами, имеющими характер динамических равновесий⁴.

Земная атмосфера есть не астрономическое, а геолого-геохимическое явление и целиком может быть связана и объяснена ныне известными, постоянно идущими земными химическими газогенными реакциями⁵.

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии.

² Неопубликованные определения В.Т. Хлопина и Э.К. Герлинга в области монацита по гелиевому методу (из Синей Палы) приводят к числам того же порядка, делая поправку на уход гелия.

³ Первые определения гелия Э.К. Герлингом в Радиовом институте дают благоприятные результаты. См. Докл. Акад. наук, 1935, т. III, с. 121.

⁴ В. Вернадский. Природные газы, 1931. № 2, с. 10; *Его же*. Тр. Конф. по стратисфере. Л., 1935, с. 575 и сл.

⁵ В. Вернадский. Проблемы биогеохимии. Вып. 1. 2-е изд. М.; Л., 1935, с. 31 и сл.

19. Для гелия приходится с этим считаться, так как в представлениях о нем получило широкое распространение построение Муре и Лепапа, указывавших, что гелия слишком много в земной коре по сравнению с тем радиоактивным распадом, которым он образуется, и что неизбежно допустить существование избыточного гелия, который Муре относил к космическому гелию – остатку газовой фазы в истории нашей планеты. Но теперь ясно после 20 лет работы, что гелия вообще в земной коре много больше, чем думали Муре и Лепап, и что по сравнению с неизбежностью его образования радиоактивным распадом учитываемое его количество скорее слишком мало¹.

А главное то, что химический характер атмосферы нашей планеты явно указывает, что она никакого отношения к гипотетической газовой фазе догеологической Земли (если таковая фаза даже была) иметь не может. Подобно тому, что мы имеем для земной коры вообще и в земной атмосфере при ее изучении можно оставить в стороне космогонические представления. Они только путают. Мы здесь можем стоять на более прочной почве.

Недавние определения состава газов стратосферы явно показали, что отношения между азотом и кислородом в ней регулируются иными законами, чем те, которые бы существовали, если бы газовая оболочка в основных чертах определялась законами всемирного тяготения².

Исходя из этих соображений, посмотрим, что должно делаться с гелием в земной коре.

Гелий непрерывно образуется в земной коре как известным нам радиоактивным распадом элементов U-, Th-, AcU-, Sm-рядов, так и другими, еще неизвестными. Атом земного гелия – это остановившаяся в своем взрывчатом состоянии, перешедшая в нормальное газовое состояние α -частица. Число атомов гелия в земной коре постоянно растет. Он быстро образуется из α -частиц – так быстро, что мы можем с длением перехода его в нормальное газовое состояние совсем не считаться.

Атомов гелия в земной коре в пределе столько, сколько в ней в течение геологического времени выделилось α -частиц, за вычетом возможного, но недоказанного ухода их за пределы планеты. Это положение, в такой форме мне кажется верное, указывает, почему он может быть мерой шедшего радиоактивного процесса, связанного с α -излучениями.

Но гелий не только создавался в древние геологические периоды – он непрерывно создается и теперь, постоянно нарастая в веществе нашей планеты.

Так как радиоактивные элементы неравномерно распределены в земной коре, образуя даже радиоактивные руды и в разных концентрациях наблюдаясь в разных земных породах, – можно ждать, что выделение гелия в атмосферу будет идти с различной интенсивностью в разных участках земной коры и в разные времена года. Нельзя ли его измерением в атмосферах следить за ходом радиоактивного распада вещества планеты, связанного с α -излучением, за *гелиевым дыханием планеты*, если можно так образно выразиться?

¹ Ср. В.Г. Хлопин. Докл. Акад. наук. 1934. Ср. В. Вернадский. Очерки геохимии.

² Ср. числа: А. Черепеников. Природные газы, 1934. № 8. 1934, с. 35. Ср. Н. Капустинский. Докл. Акад. наук, 1934. Т. I, с. 108.

И есть ли такое гелиевое дыхание? И если нет, то почему? Мы знаем, что радиоактивный распад идет сильнее в биосфере, чем в глубоких частях земной коры благодаря концентрации в ней атомов U, Th, AcU. Здесь мы имеем максимальные выделения гелия в нашей планете.

20. Для других газовых продуктов распада мы имеем это выделение в земную атмосферу резко выраженным – для радона и его изотопов.

Мы знаем, что им создается в значительной мере (на две трети) огромное планетное явление – электрическое поле Земли, ионизации атмосферы, тропосферы главным образом.

Гелий – газ того же генезиса, того же процесса.

Он не может не отражаться в атмосфере. Отличие гелия от эманаций прежде всего в том, что в то время как эманации быстро переходят в твердую пыль и превращаются в конце концов в свинец, находящийся в рассеянном состоянии, гелий представляет химический элемент, практически и геологически вечный, да к тому же еще остающийся в нашей планете в газообразном состоянии и не дающий, поскольку известно, никаких химических соединений.

Он по отношению к атмосфере должен быть в том же положении, в каком находятся и эманации.

Но есть определенные свойства гелия, которые делают его нахождение в атмосфере еще более вероятным и, мне кажется, еще более важным для тщательного изучения. Атом гелия есть окончательная стадия α -излучения. Где же он находится в земной коре?

Сегодня я скажу еще несколько слов об этом, говоря о работе проф. В.И. Баранова, производимой здесь, в Москве, в Московском отделении Радиевого института. На основании его первых фотографий можно сделать заключение, что гелий, конечная точка пробега α -частицы остается в горных породах, т.е. из породы не выходит¹.

21. Можно утверждать, что главная часть гелия находится в рассеянном состоянии в литосфере, в твердых алюмосиликатах и силикатах, проникая всю их массу и отражая этим рассеянное состояние радиоактивных элементов, столь для них характерное.

Это представление подтвердилось еще с другой стороны. Несколько лет назад проф. Панет, тогда в Кенигсберге, теперь в Лондоне, чрезвычайно уточнил методику определения гелия и попытался определить геологическое время существования метеоритов. Он в основу положил представление, что гелий в них остается². Он получил «возраст» метеоритов в предельном случае до трех миллиардов лет. Мы в Радиевом институте в числе методик для определения геологического возраста вводим методику Панета. Прибор, по этому принципу построенный (с изменениями) проф. В.Г. Хлопиным и Э.К. Герлингом, дает возможность точно измерять количество гелия, равное 10^{-6} см³. Панет мог измерять до 10^{-9} см³.

Из измерений Панета совершенно ясно, что гелий в течение десятков тысяч декамириад и тех резких разнообразных изменений, которым подвергались изученные Панетом метеориты, остался в них. Вся система даже в

¹ См. В. Баранов, С. Кречмер. Докл. Акад. наук, 1935, т. 1, с. 545.

² F. Paneth. Zeitschr. Elektrochem. u. angew. phes. Chem., 1928, с. 226 и сл.

геологическом аспекте времени в частях, отдаленных от поверхности, оставалась химически неизменной (ср. § 16).

По-видимому, в соответственном масштабе, необходимо признать это и для литосферы. В ней гелий главным образом должен находиться в рассеянном состоянии в твердом веществе. То же самое должно быть допущено и для радиоактивных эманаций, но они в твердой форме сохраняются в литосфере в конце концов в форме рассеянных атомов свинца.

В этой форме хотя и находится большая часть атомов создающегося гелия, но далеко не вся. Рассеянный гелий для твердых пород не имеет практического значения.

Остальная часть гелия находится в трех состояниях: 1) в земной атмосфере – в тропосфере, 2) в подземных атмосферах и 3) в водном газовом растворе в тех разнообразных формах водных растворов, которые проникают всю литосферу.

Чрезвычайно характерно для гелия, что он является наименее растворимым в воде из всех нам известных газов. В водных природных растворах концентраций гелия из того рассеянного состояния, в каком он находится в твердой среде, где главная масса его зарождается, наблюдаться вследствие этого не может.

Концентрация гелия может наблюдаться только в *подземных атмосферах*, в газовых скоплениях земной коры, в определенных случаях. Мы знаем сейчас, что в разных формах этих газовых подземных атмосфер находится очень разнообразное количество гелия. Здесь местами идет очень большая концентрация; в газоносных осадочных и обломочных породах известны концентрации, превышающие 8% по объему гелия в подземной атмосфере.

Законы этих концентраций неизвестны, и распределение гелия в подземных атмосферах, приводящее к концентрациям, динамический процесс, с этим связанный, не изучен.

Он, очевидно, так или иначе связан с распределением радиоактивного распада в земной коре.

22. Совершенно необходимо, в частности для того, чтобы не искать ощупью нужных гелиевых месторождений, имеющих большое практическое значение сейчас для воздухоплавания, а затем, несомненно, и для других целей, так как свойства гелия во многом представляют своеобразные особенности, важные в человеческом быту и культуре, – поставить систематическое изучение концентраций гелия в верхних участках земной коры, в тропосфере, в почвенной, подпочвенной атмосферах до уровня верховодок. Верховодки, может быть, не являются препятствием для гелия; он или будет проходить через них свободно, или будет скопляться под ними. Было бы важно это систематически выяснить.

Я не буду здесь останавливаться дальше на обсуждении постановки методики исследований. Необходимо лишь отметить их необходимость и важность возможных результатов.

Важно это исследование не только для практического результата – добычи гелия, с которой у нас далеко не благополучно. Но это исследование дает меру радиоактивного распада вещества Земли. С этой точки зрения, важно выяснить картину гелиевого дыхания нашей планеты, его распределения. Научные последствия понимания этого процесса мне представляются очень

важными и только отчасти могут быть предвидены (например, для поиска радиевых руд).

22. Еще несколько слов.

Очень распространено представление об уходе гелия из области тяготения нашей планеты.

В связи с этим предполагали, что гелий сосредотачивается в течение геологического времени в верхних оболочках земной коры – в стратосфере и ионосфере. Такой концентрации установить не удалось¹.

Исследование гелиевого дыхания поможет разобраться и в этой проблеме.

О ЗНАЧЕНИИ РАДИОГЕОЛОГИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ*

1. Я хочу остановить внимание конгресса на необходимости международного соглашения в научной работе геологов в области радиогеологических явлений.

Мне кажется, сейчас работа геологов подошла к проблемам, разрешение которых и в некоторых случаях даже их постановка требуют прежде всего точного числового определения в них геологической древности, с одной стороны, и такого же определения в них длительности.

Необходимо связать полевую работу геолога и геологическую карту с численным определением геологического возраста и длительности геологических процессов.

И, с другой стороны, столь же необходимо связать геологическую историю планеты с историей человечества, т.е. с историей биосферы², часть которой она составляет. Геологическая история планеты выражается до сих пор только качественно, в *порядке времени*: позже – раньше; история биосферы выражается в *числах*, в астрономических единицах времени, в секундах, в годах, в тысячелетиях. Мы живем с эпоху, когда человечество впервые охватило в бытии планеты всю Землю. Биосфера, как удачно выразился Ле Руа, перешла в новое состояние в *ноосферу*.

Обращение Земли вокруг Солнца или вокруг своей оси, с которыми связан этот наш эталон времени в биосфере, колеблются в определенных пределах. В длительности геологических явлений он постоянным не остается. Последствия его колебаний могут представлять собою важные и интересные геологические проблемы, они могут отражаться в некоторых геологически охватываемых явлениях, например в прошлом биосферы.

2. Радиологическое определение времени дает возможность пойти глубже, стать на более прочную почву. Радиоактивный распад атома, причина

¹ См. о геохимии гелия: *В.И. Вернадский. Очерки геохимии.*

* Доклад, прочитанный на Общем собрании Международного геологического конгресса 26 июля 1937 г. Опубликовано в: Труды 17-й сессии Межд. геол. конгресса. СССР, 1937. М., 1939. С. 215–239.

² *В. Вернадский. La biosphère (Alcan). P., 1929 (на русском – 1926); В. Вернадский. Очерки геохимии [Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1: – Ред.]; В.И. Вернадский. Биогеохимические очерки. М.: Изд-во АН СССР, 1940; В.И. Вернадский. Проблемы биогеохимии. Вып. 2. Изд. 2. М.; Л., 1935.*

которого нам сейчас неизвестна, не меняется ни от каких нам известных внешних причин в сколько-нибудь длительной форме и в заметных размерах. Он геологически постоянен.

Если бы этот распад мог изменяться в своем темпе длительно и в большом масштабе, если бы процесс такого изменения захватил бы большие массы земного вещества, – наша планета или Солнечная система не существовали бы, они исчезли бы как соответствующие естественные тела.

В пределах геологического времени таких катастроф не было.

Мощными силами наших лабораторий в огромных электромагнитных полях – ничтожных, однако, по сравнению с полями космических просторов – пучками быстро движущихся с огромной энергией протонов, нейтронов, дейтронов и т.п. мы можем разбивать ядра атомов, создавать искусственно новые радиоактивные изотопы и вызывать *другие процессы*, но это не процесс, который наблюдается в радиоактивном распаде рядов урана, актиноурана, тория, самария, калия, рубидия, неодимия. Это не тот распад, который изучает радиогеология; не он проявляется в величайших геологических процессах, – в теплоте нашей планеты прежде всего, которая создается на ней энергией радиоактивно распадающихся атомов.

Мы знаем сейчас – и изучение явлений привело нас к открытию искусственной радиоактивности, – что на нашу планету из космических просторов идет могучий ток проникающих лучей, охватывающих на десятки и сотни метров вглубь естественные тела и все вещество нашей планеты.

Проникающие излучения вызывают на нашей планете не радиоактивный распад. Возможно, с ними в значительной мере связан совсем другой процесс, который я назвал в 1909 г. *микрোকосмическим строением* земной материи, чрезвычайным рассеянием в ней ее химических элементов, и который связан с проникновением всякого земного вещества и земной коры вообще – жидкого, твердого и газообразного – десятками, если не всеми химическими элементами в рассеянном, атомном, по-видимому состоянии¹. В каждом кубическом сантиметре земного вещества содержатся все химические элементы или почти все. Их число измеряется миллиардами миллиардов атомов в капле, в одном кубическом сантиметре морской или речной воды, в одной крупинке, в одном грамме всех пород, в одном кубическом сантиметре тела животных и растений. Менее ясна эта повсеместная распространенность элементов в газовых фазах, но она и там в яркой мере существует.

Это явление было мною названо *рассеянием* земных химических элементов.

Рассеяние элементов, возможно, является в известной мере проявлением проникающих космических излучений. Их значение должно сказываться также в явлениях выветривания в биосфере, в ее живом веществе.

Но это явление – в геологическом его выявлении – не область радиогеологии, а область геохимии и биогеохимии.

Проникающие излучения миллиарды лет охватывают нашу планету и, возможно, являются проявлением тех мощных неизвестных процессов, тех состояний пространства–времени, которые лежат далеко за пределами

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии [Избр. соч.: В 5 т. М.: Изд-во АН СССР. М.; Л., 1954. Т. 1. С. 57 – Ред.]; А. Ферсман. Геохимия. Т. 1. М., 1935–1936.

Солнечной галактии. Отдаленные их отголоски являются нам в виде двух равных явлений: *проникающих излучений и радиоактивного распада атомов*, который мы наблюдаем только для нескольких химических элементов, но который существует, вероятно, для всех. Открыть его в них мы не можем, вследствие еще недостаточной чувствительности методики нашей научной работы.

3. Геолог должен сейчас поэтому внимательно и непрерывно присматриваться к явлениям, совершающимся в области этих процессов, изучаемых физикой ядра атомов, радиологией и, особенно, радиогеологией.

Он должен к ним присматриваться, так как физик здесь работает не только как экспериментатор, вне кругозора геолога, но он открывает, иногда этого не учитывая, области новых геологических явлений. Им, по-видимому, суждено заменить чуждые нашему времени геогенические представления, по существу относящиеся к научному прошлому, но еще живые – живые тени исчезнувших научных построений – в геологии, вредно влияющие на современную геологическую мысль.

В геологии мы далеко еще не ушли от чуждых науке нашего времени идей прошлого – XVII–XIX столетий, когда аналогичные представления были в геологической концепции обыденны и не были еще научным анахронизмом.

Эти чуждые нашему времени геологические представления держатся в геологии по рутине, по привычке, хотя основы нашей мысли в корне изменились.

Прежде всего, хотя бы потому, что мы мыслим сейчас о *проблеме времени* иначе, чем мыслили о ней немногие десятки лет – 40 лет назад. Время эпохи Ньютона не есть для нас реальность. Реальностью является *пространство-время* и «время» – вне пространства – не может, как не зависящее от окружающего, как *deus ex machina*, изменять выявляемую научной работой закономерную реальность – Космос, научно строяемый.

Эмпирически мы подходим здесь к логически точным учетам, к величинам времени, превышающим намного те миллиарды лет, в которые укладываются явления, охватываемые геологом.

Натуралист XX века не может считаться с концом времени, как это еще было возможно до открытия радиоактивности, как с ним считался и жил в атмосфере этих представлений Ньютон в XVIII веке. Геолог должен, мне кажется, особенно в наше время, для плодотворного исследования прошлого планеты исходить из принципа *актуализма* в широком его понимании. Актуализм в сущности отвечает, как легко в нем убедиться, *тождественности пространства–времени планеты во всем ее бытии*; он логически вытекает из эмпирического обобщения Джемса Гёттона (J. Hutton, 1726–1797) в Эдинбурге, который установил его в героическую пору создания геологии. «В геологии, как Гёттон указал, – мы не видим ни начала ни конца»¹.

Планета, геологически охватываемая, геологически вечна, как геологически – астрономически – вечны естественные тела Солнечной системы и сама система. Геология не может научно считаться с разрушающими эту сис-

¹ Вся «Теория Земли» Геттона проникнута этой мыслью. Это выражение приводит Ляйелль уже в первых изданиях своего труда (см. *Ch. Lyell. Principles of geology, 2-ed., L., 1832, p. 72*). Эта идея Геттона (и Плейфера) встретила бурные возражения, и они должны были касаться ее с большой осторожностью (*dilicacy*) (см. *W. Fitton. Edinb. Review, 65, E., 1837, p. 13*).

тему и ее естественные тела катастрофами, т.е. с уничтожением мира, реально в геологии изучаемых естественных тел¹ и их реально идущего закономерного хода во времени.

Наша планета является связанной, является органической частью пространства–времени реальности, для которой галактия Солнца является ничтожным отрезком.

4. Но вопрос о геологическом времени, на котором я остановлюсь в дальнейшем подробнее, не есть основная проблема радиогеологии, которая должна сейчас учитываться в текущей работе геолога, должна его заставлять пристально учитывать рост новой области геологических наук.

Радиогеология изучает ход радиоактивных процессов в нашей планете, их отражение и их проявление в геологических явлениях.

Несколько лет назад, на съезде Бунзеневского общества в Мюнстере в 1932 г., Э. Резерфорд (E. Rutherford) правильно указал, что то великое научное движение, коренное изменение всех основ мировоззрения человечества, прежде всего физических, химических, астрономических и математических наук, которое длится, не ослабевая, 44 года, а может быть, даже усиливается, явилось прямым *следствием открытия радиоактивности*.

По существу, я думаю, Резерфорд прав, и для геологов именно эта сторона начала новой науки и нового понимания растущего нового мировоззрения человека XX века представляет глубокий интерес, так как она затрагивает основы мышления.

В действительности три величайших открытия в течение трех лет (1895–1897) – *в один миг* (в масштабе геологического времени) явились толчком и в корне изменили понимание окружающего.

Миг начался в 1895 г. открытием в Вюрцбурге В. Рентгеном X-лучей; в 1896 г. этим открытием было вызвано новое открытие в Париже Г. Беккерелем (H. Becquerel) радиоактивности атомов урана и беккерелевских лучей и в 1897 г. в Кембридже – открытие электрона Томсоном (J.J. Thomson).

История науки вскрывает сейчас имена ряда ученых-экспериментаторов, которые подошли близко или даже сделали те же открытия.

Очевидно, немногие из большинства имен – Крукс (W. Crookes), два поколения Беккерелей, Гейслер (Geisler), может быть, Ленар (Lenard) должны быть здесь упомянуты. С начала XIX в., по существу не прерываясь, шла подготовка, создавалась нужная научная атмосфера. Может быть, этим объясняется одновременность, миг в геологическом аспекте, их быстрого появления и отголосков в лабораториях, в которых выявилось открытие радиоактивности.

5. Это все были химики и физики-экспериментаторы – люди широкого кругозора, с огромными интересами и с большим глубоким охватом явлений окружающего, биосферы и Космоса. Одно из их открытий по существу было не только открытием физическим, но и открытием *геологическим и астрономическим*.

¹ Понятие «естественных тел», лежащее в основе описательного естествознания, обычно не учитывается в своем значении. Оно сыграло большую роль в истории почвоведения в нашей стране, когда В.В. Докучаев выдвинул тезис, что почва не есть горная порода, а есть особое естественное тело. Ср. В. Вернадский. Очерки и речи. Вып. 2, Пг., 1922, с. 87.

Это было открытие Г. Беккерелем радиоактивных атомов урана. Оно было основано, в конце концов, на изучении урановых *минералов*. Немедленно мир минералов был охвачен в этом направлении работой физиков, минералогов и химиков. Шмидт (H. Schmidt) и М. Склодовская-Кюри независимо открыли радиоактивность тория, а П. Кюри и М. Склодовская-Кюри – новые элементы – радий и полоний, во многие тысячи раз более радиоактивно мощные, чем уран и торий. Изучение радиоактивных свойств минералов быстро привело к выяснению основных величайших понятий о строении вещества нашей планеты, о которых мы не мыслили раньше никто, о которых не слагалась искра прозрения в самой буйной и проникновенной фантазии человечества.

На наших глазах повторялось то, что совершается в меньших размерах на каждом шагу в истории научного знания. Рамки познания расширяются прежде всего вширь и вглубь систематическим, без пропусков, *полным описанием* окружающей природы, непосредственно доступной человеку.

Природа в этом аспекте есть геологическое явление. Это определенная земная оболочка – *биосфера*, обладающая известной автаркией; это – особое естественное тело нашей планеты, часть ее закономерной структуры.

Точно, максимально полно, не мудрствуя лукаво, стремясь только к максимальной полноте и точности и так описывая все без исключения природные тела биосферы – минералы в частности, выводит человек научное познание за *пределы*, охваченного им своей мыслью кругозора и открывает по существу новое.

В этом значении описательных наук, научной систематики научный опыт получает новое поле для исследования. Сам научный опыт только случайно может перескочить за пределы круга знания, очерченного описательным естествознанием.

Человек со своей всепроникающей мыслью как бы висит в биосфере. В ее пределах, в ее природе он использует все свои органы чувств, за ее пределы – в космические просторы – он достигает зрением прежде всего, логикой и математикой, сложными приборами, улавливающими достигающие оттуда радиации. Точно так же он проникает в глубь планеты за пределы жизни.

6. Только систематическое исследование всех свойств минералов Земли, геологически связанных природных тел, основной характер твердых представителей которых так ярко в новом понимании выражен недавно В. Бреггом, раздвигает нам область нашего знания. Твердые минералы, указывает он, это те химические тела, которые из миллиона миллионов теоретически возможных комбинаций атомов являются наиболее стойкими и прочными во всех термодинамических полях Земли, в которых они не разрушаются, являются структурами, телами, обладающими наиболее прочными в Космосе пространственными решетками. Но это эмпирическое обобщение В. Брегга¹ может и должно быть обобщено дальше: не только твердые минералы, но и природные тела, газообразные и жидкие, должны обладать той же способностью. Достаточно напомнить H_2O и CO_2 . Кристаллические и химические силы идентичны, и мы можем говорить о том, что изучение природных минералов, твердых, жидких и газообразных, вскрывает перед нами тела,

¹ W.C. Bragg. Journ. phys. (7). J.K., 1936, p. 321.

химически наиболее устойчивые в полях их нахождения, для нас – ярче всего в планетной системе, в действительности во всей реальности.

Астрофизическое изучение Солнечной системы и метеоритики это подтверждает. Ясно сейчас, что для некоторых минералов, тех же, что и на Земле, мы выходим за пределы Солнечной системы.

7. В. Брегг прав. Научные законы Космоса всюду одни. Систематическое, научно точное описание всего окружающего нас в природе, в биосфере в частности, описание возможно внимательное и проникновенное, всех ее собственных тел без исключения, без пропуска, раздвигает по существу область научно познанного и предоставляет человеческому уму негаданные и непредвиденные им области опыта, наблюдения и размышления.

Так было на всем протяжении истории научной мысли. В частности, стремление научно описать все минералы вскрыло перед нами новые области физических знаний. Тысячелетия назад янтарь вскрыл область электричества, магнитный железняк – область магнетизма, кальцит, исландский шпат в XVII в. – область поляризации лучей света и его двупреломления, барит, белоньский шпат – тогда же – область фосфоресценции света. В XVIII в. исследование газообразных минералов – воздуха – создало новые науки. Земные воды и земной углекислый газ в их точном изучении перевернули все наше миропредставление.

По существу в ту же цепь и ту же форму научных открытий как следствие точного описания всех свойств естественных тел биосферы – минералов входит и открытие радиоактивности. Оно связано с точным описанием фосфоресценции урановых минералов. Его корни идут к древним описаниям янтаря, магнетита, барита.

Впереди окружающая природа таит много нам неизвестного; только так, путем систематического естествознания, тщательным и полным описанием *всех, без пропуска, естественных тел биосферы* – минералов и живых организмов в первую очередь – можно его открыть.

Возвратимся к открытию радиоактивности в радиевых минералах.

8. Немедленно вскрылись в ближайшее время после 1895–1897 гг. радиологические процессы огромного значения. Можно было ждать, что геология, подобно физике и химии быстро встанет на новый путь и перед нею вскроются широкие новые горизонты, как они вскрылись для физики и химии в начале XX столетия, сейчас же после открытия радия и полония в 1902 г. Эти быстро распадающиеся элементы впервые ярко, конкретно показали мощность атомной энергии, ее емкость, неизвестную и недоступную раньше человеку в биосфере.

1902 год¹ можно считать началом влияния радиоактивности на всю научную мысль. Впечатление этого открытия было огромно, а последствия еще больше².

¹ В. Вернадский. [О некоторых очередных проблемах радиогеологии] // Изв. АН СССР. 7 сер. 1935. С. 1–18. – *Ред.*] *Его же. Le problème de la radiogéologie*, P., 1935.

² Надо иметь в виду, что идея о существовании более сильных радиоактивных элементов, чем уран, возникла у супругов Кюри уже в 1897 г., после открытия тория и открытия явлений ионизации, позволивших измерять радиоактивный распад. Потребовалось 4 года неустанной работы, чтобы получить нужные количества радия, полония и актиния (1898–1902) из тысячи тонн остатков от извлечения руды из Иохимсталля, переданных супругам Кюри австрийским

В том же самом году П. Кюри (1859–1906) в заседании Французского физического общества указал, что радиоактивный распад дает человеку меру времени – «эталон» времени, независимый от окружающего, так как он понял и это высказал, что нет явлений, в Солнечной системе по крайней мере, которые могли бы повлиять на его темп. Процесс идет, как часы, на ход которых ничто окружающее не может влиять – ни термодинамическое поле, ни электромагнитное, ни поле тяготения, нашей Галаксии по крайней мере. Каждый радиоактивный химический элемент имеет свой, независимый от своего нахождения, количественно определенный ход распада. Кюри не встретил понимания, он напечатал свой доклад – одну страничку – только в протоколах Французского физического общества для его членов, и только в 1904 г. Э. Резерфорд в Монреале независимо поднял тот же вопрос и вместе со своим сотрудником, американцем Болтвудом (В. Boltwood, 1870–1927) из Чикаго, установил в 1906 г. этот факт на природных объектах – горных породах и минералах – и доказал постоянство отношения $U:Ra$ и $U:Th$ в земных телах.

Резерфорд и Болтвуд перенесли изучение процесса из лаборатории в среду геологических явлений – позволили в ней количественно мерить темп радиоактивного распада.

Это почти сейчас же явилось исходным шагом для использования радиоактивного распада геологического времени. Сам процесс в массах создаваемого потеряннго вещества, в массах исходных и вновь созданных химических элементов, исходных элементов – урана, актиноурана и тория – и вновь созданных – свинца и гелия, дает меру длительности существования того естественного тела (горной породы или минерала), которое изучается. Его химический и радиологический анализ может дать – в годах – его геологическую длительность.

9. В 1903 г. П. Кюри и Лаборд (L. Laborde) в Париже открыли другое основное положение, руководящую идею новой науки – радиогеологии: непрерывное, идущее вместе с распадом атома тепловое лучеиспускание, пропорциональное количеству радиоактивно распадающихся атомов и времени.

Этим открытием был впервые в геологии научно поставлен вопрос о реальном источнике геологических процессов. Кюри, всегда интересовавшийся геологическими науками, минералогией и кристаллографией, сам кристаллограф, сразу увидел новое геологическое явление: он увидел, что материя земной коры вся проникнута атомами, практически являющимися неиссякаемым источником ее нагревания.

Геологическое значение этого явления было учтено немедленно профессором минералогии и геологии Дублинского университета Джоли (J. Joly, 1857–1925) в том же году.

Прошло три года, прежде чем эти руководящие научные идеи получили прочную эмпирическую базу. В 1906 г. в Лондоне Стрэтт (R.J. Strutt), теперь лорд Рэлей (R.J. Rayleigh), опубликовал точные эмпирические числа, кото-

правительством. На родине супруги Кюри не встретили нужной поддержки. Им пришлось бороться с непониманием, лучшие годы творчества работать в маломощной обстановке, тратить время на заработок: ученые и влиятельная среда Франции не поняли вовремя мирового явления, ими открытого. Признание пришло для П. Кюри поздно – после смерти (*V. Curie, 1931*).

рые доказали повсеместность рассеяния атомов радия в земном веществе, он сделал вывод, что количество получаемого при этом тепла так велико, что нельзя допустить, чтобы рассеяние радия в том же масштабе продолжало распространяться глубже, так как температура Земли не могла отвечать при этом условию ее современной величине.

Стрэтт сделал вывод, что проявление рассеяния радия должно с глубиной практически уменьшаться.

Опираясь на данные Стрэтта и на это его заключение, через два года, в 1908 г., Джоли на съезде Британской ассоциации в Дублине, а затем в отдельных книгах выявил основы радиологии в ее отражении в геологических процессах.

Я позволю себе личное отступление. Я думаю, что немногие из здесь присутствующих были на съезде в Дублине в 1908 г. и имели счастье слышать этот доклад Джоли и с ним беседовать. Мне Джоли тогда открыл глаза, и в 1910 г. я выступил в заседании Академии наук с речью «Задача дня в области радия», а раньше – с публичными докладами здесь, в Москве, где выдвинул необходимость систематического изучения, с геологической и с минералогической точек зрения, проявления радиоактивности в окружающей нас природе, фактически в биосфере. С тех пор работа с этим направлением в нашей стране не прерывалась, и наш Государственный Радиевый институт в Ленинграде является единственной радиевой организацией, где наравне с физическим и химическим отделением существует и радиогеологическое. Он существует 15 лет.

10. Джоли первый как геолог конкретно выявил значение нового геологического фактора, открытого Г. Беккерелем. Он попытался, исходя из явлений радиоактивности и наблюдений лорда Рэлея, объяснить некоторые загадочные явления, которые установили геологи.

С одной стороны, он пытался этим путем объяснить явления диастрофизма, геологические периоды усиления и ослабления темпа геологических явлений, главным образом горообразовательных и орогенических; исходя из кант-лапласовских представлений о прошлом Земли, подойти к этим явлениям раньше было нельзя. Джоли не разрешил задачу, но указал научно допустимый путь искания.

Гораздо более важно было другое применение им радиогеологических процессов.

Он впервые в 1907 г. одновременно с проф. Мюгге (O.M. Muegge) в Кенигсберге объяснил загадочные для петрографов явления *плеохроических двори́ков*, широко распространенных в древних горных породах, их связью с микроскопическими включениями радиоактивных минералов. Но он пошел дальше Мюгге. Опытным путем, вместе с Резерфордом, он синтетически воспроизвел явление двори́ков, доказав неопровержимо правильность вывода, установленного наблюдением, об их радиоактивном происхождении.

При этом Джоли обратил внимание на то, что существование двори́ков, отвечающих определенным радиоактивным элементам, могло бы служить доказательством того, что процесс распада их шел в течение геологического времени с тем же темпом, с каким он идет сейчас. Для физика это представляется и без того ясным, но строго логически это нельзя было утверждать для природных процессов, пока причина распада оставалась неизвестной. Такое

заключение представлялось для сложных природных процессов при строго логическом анализе – экстраполяцией, возможной, но и только.

Джоли к тому же не утверждал неизменности темпа распада, допуская возможность его колебаний, искал проявления этого в геологических наблюдениях, в том числе и в двориках, но их он не нашел.

Геологи нашли как раз в плеохроических двориках доказательство тому, что, какова бы ни была причина радиоактивного распада атома, темп его не менялся в ходе геологического времени порядка многих сотен миллионов лет. Распад шел с тем же темпом, для каждого элемента своим, с каким он идет сейчас в лаборатории.

11. Несмотря, однако, на то, что идеи Джоли обратили на себя внимание геологов, его книги (1909–1924) были переведены на многие языки, вызвали дискуссию, были поддержаны новыми работниками в том же направлении внесшими поправки и изменения его выводов, новые важные концепции¹, – радиогеология и ее достижения оставались в стороне от основной работы геологов.

Мне кажется, причиной этого было то, что не была ни Джоли, ни Холмсом точно выяснена несовместимость новых радиогеологических явлений с тем пониманием высшей температуры глубоких частей нашей планеты и длительности геологических явлений, которые господствовали в геологии времени открытия радиоактивности.

Это была попытка компромисса нового со старым, без анализа старого по существу.

В старом представлении, основанном на кант-лапласовой космогонии, сложились некоторые приближенные объяснения, вошедшие в привычку и нередко противоречащие научным фактам.

Но научные факты, вскрытые радиогеологией, с приближенными объяснениями совмещены быть не могли.

12. Эти приближенные объяснения, сложившиеся в течение нескольких поколений геологов в продолжение почти 100 лет, крепко вошли в научное представление, в науку, и получили в ней место, не отвечающее их реальной значимости. Причину высокой температуры искали в космогонических представлениях о былом, *догеологическом прошлом нашей планеты, резко не отвечающем основному положению работы геологов – принципу актуализма* и тому течению мысли, которое в конце XVIII в. выдвинуло как одно из основных проявлений истории планеты процессы метаморфизма и повышение температуры земных слоев с удалением от земной поверхности в глубь биосферы, из пределов которой мы реально в научной работе выйти и по сей час не можем, но к выходу уже подходим.

Надо сказать, что современное господствующее понимание высокой температуры земной коры и явление метаморфизма отнюдь не отвечали идеям того человека, который в конце XVIII в., в 1788–1796 гг., заложил в недоконченной “Теории Земли” научные основы современной геологии – шотландца Джемса Геттона (1726–1797).

¹ Среди них нельзя не упомянуть интереснейшие работы проф. Холмса (A. Holmes) в Нью-Кас-тель-он-Тайн в Англии.

Представления современных геологов, взятые в целом, выходят из области точного знания, основаны на экстраполяции и на их рабочих, мне кажется, по существу противоречащих научным фактам, гипотезах.

Гёттон, великий натуралист и глубокий мыслитель, научно осветивший явления метаморфизма, «плутонист» по современной ему терминологии, не виновен в тех представлениях, объясняющих явления метаморфизма и высокой температуры концепций геологически длительного охлаждения когда-то раскаленной Земли и непрерывно идущего сжатия ее коры, которые охватили геологическую мысль почти одновременно с победой в геологии идеи Геттона. Гёттон – точный наблюдатель и точный, но трудный – слишком обстоятельный – писатель, повлиял на научную мысль только через своего ученика, тоже шотландца Плейфера (J. Playfair, 1743–1819), блестяще комментировавшего через пять лет после смерти Гёттона теорию своего учителя (1802) и введшего идеи Гёттона в геологию. Гёттон не считал планету расплавленной.

13. Одновременно с появлением первых томов «Теории Земли» Гёттона в том же 1796 г. вышло блестящее, увлекательное «Изложение системы мира» Лапласа, имевшее огромный успех.

Лаплас дал в нем общедоступно изложенную¹ основанную на «небесной механике» и в конце концов на «естественной философии» Ньютона теорию образования Солнечной системы и нашей планеты, причем гипотетически исходил из горячей, непосредственно охлаждающейся и сократившейся в размерах, газообразной, потом огненножидкой, покрытой твердой корой планеты².

Геологи начала XIX в. широко использовали космогонические представления Лапласа, яркого сторонника в своей «Системе мира» господствовавшей в широких кругах образованного общества философии просвещения³. Они взяли из нее, а не из опыта и наблюдения, три основных новых представления, в сущности три рабочие гипотезы: 1) длящееся в течение геологического времени сжатие планеты, 2) предполагаемое существование медленного охлаждения огненножидкой когда-то нашей планеты и 3) резкое отражение на земной поверхности в геологических явлениях процессов, идущих внутри планеты.

Эти три рабочие гипотезы противоречат опытным данным радиогеологии и в то же время за протекшие 140 лет не могли быть основаны на фактах геологии. Они свободно, если нужно, могут быть без вреда для научной работы отброшены.

¹ До 1836 г. двухтомная «Система мира» Лапласа выдержала на французском языке шесть изданий и переведена на главные языки тогдашнего культурного мира.

² Другая, больше логически, а не математически, основанная космогония была дана раньше, в 1775 г., Кантом в Кенигсберге (Kant, 1724–1804), современником Гёттона; она исходила из «естественной философии» Ньютона, но не из «небесной механики», тогда не существовавшей.

³ Дж. Геттон не является ее сторонником. Философские, логически стройные, но трудные его сочинения, насколько мне известно, не подверглись научной и философской оценке. Он стоял, по-видимому, близко к философским взглядам Р. Бешковича, не шедшего в русле господствующей философии просвещения.

14. Геологи, исходя из выводов кант-лапласовой гипотезы и связанных с ней космогоний, ищут отголоски будто бы огненножидкой планеты, ее длящегося до сих пор геологически длительного охлаждения и сжатия, ищут следов этих предполагаемых стадий истории Земли в величайших геологических явлениях биосферы – в тектонических и орогенических движениях земной коры.

А между тем уже десятки лет как астрономическая мысль развенчала кант-лапласовую гипотезу в ее основах, – ее научное обоснование давно развалилось.

Уже в 1898 г., в эпоху открытия радиоактивности, через два года после того, один из крупнейших геофизиков астроном Дж. Дарвин (1845–1912)¹ указал и вновь повторил в 1911 г. незадолго до своей смерти: «В течение почти столетия импозантная картина, которую дает нам небулярная гипотеза, встречала почти единодушное признание, и все же приходится – едва ли будет преувеличением – сказать, что каждая стадия выдвигаемых ею процессов содержит или какую-нибудь трудность (для допущения) или является невозможной».

Двадцать четыре года спустя, грацкий геолог и геофизик, Роберт Швиннер (R. Schwinner), в 1936 г.², подводя итоги критическому пересмотру кант-лапласовой гипотезы в ее приложении к геологии, дал по существу такой же уничтожающий отзыв.

Вытекающие из нее следствия резко, коренным образом противоречат точному фактическому, эмпирическому содержанию радиогеологии. Они с этими научными достижениями несовместимы. И однако эти научные гипотезы-фантомы, принятые за научные рабочие гипотезы, и доселе охватывают геолога: мы видим их проявление на каждом шагу, в текущей геологической работе и литературе, особенно у нас, хотя, мне кажется, их влияние в последнее время уменьшается. Мы не видим в действительности в точных данных геологии проявлений единого общепланетного геологически длительного сжатия Земли, проявлений единого планетного процесса орогенических и тектонических движений, из сущности этой гипотезы вытекающего.

15. Два эмпирических обобщения, введенных радиогеологией, столкнулись с господствующими в геологии схемами космогоний.

Это сразу было понятно.

Во-первых, Стретт в 1909 г., а затем и другие ученые доказали, что создаваемая радиоактивным распадом теплота не может равномерно распределяться во всей толще планеты. Стретт, Джоли, Холмс исходили из того, что она сосредоточивается в поверхностном слое земной коры, может быть, сотни километров от поверхности геоида. Логически отсюда вытекало, что при углублении внутрь планеты мы *встретимся со слоем максимальной температуры, неизвестной мощности, уменьшающейся вверх к земной поверхности и внутрь к земному ядру.*

Я не буду останавливаться на многочисленных возможных представлениях о характере распределения в веществе нашей планеты генераторов ее

¹ G. Darwin. Tides a. kindred phenomena in Solar system. Первое издание было в 1898 г., третье – в 1911 г.

² R. Schwinner. Handb. d. Physikal. Geologie, I. B., 1936.

тепловой энергии – радиоактивно распадающихся атомов – изотопов урана, тория, калия, рубидия, актиния, самария, неодимия, таллия, радона, полония, протактиния, висмута. К сожалению, область этих явлений не привлекает еще в достаточной мере научную мысль.

Самая основная причина явления – рассеяние атомов (их изотопов), в среднем равномерное и различное для каждого, их распределение в массе земного вещества есть точно установленный факт, неоспоримый, но теоретически в своем значении не осознанный.

В дальнейшем изложении я буду исходить из него, как из точно установленного эмпирического обобщения, причина которого требует выяснения. Ясны, однако, как увидим, глубокие физические предпосылки этого явления – связь с энергетикой планеты и с длительностью времени. Научный опыт должен охватывать эту область земных явлений, где царит пока научное наблюдение.

Важен основной вывод. Наша планета должна быть рассматриваема в Космосе как тело холодное, а не тело высокой температуры, как этому учат в геологии. Наибольшая температура в ней, реально наблюдаемая в магматических породах, едва ли превышает 1200, причем все указывает, что в лавах, связана с окислительными процессами, вызываемыми богатой кислородом земной атмосферой.

На глубине температура достигает максимум 1000 °С. В космическом масштабе Земля – планета холодная.

Все указывает, что область ее высокой температуры сосредоточена в земной коре, мощность которой не превышает 60 км, и что в ней нет сплошного огненножидкого слоя. Существуют магматические очаги.

Углубляясь внутрь планеты, мы должны ожидать уменьшения температуры, а не ее увеличения, если температура Земли обусловлена радиоактивным распадом.

Возможно, что температура земного ядра будет очень низкая, равная температуре метеоритов, идущих из космических просторов.

То, что мы знаем сейчас для других планет – холодных – Юпитера, Сатурна, Нептуна, Урана и таких, как Марс и Венера, этому не противоречит.

16. Можно считать *эмпирическим обобщением*, что количества рассеянной радиоактивной энергии земного вещества достаточно в верхних частях планеты для того, чтобы объяснить все движения твердых масс земной коры – орогенические и тектонические их выражения, все движения жидких и газообразных масс.

Но эта энергия не единственная, которая в этих процессах проявляется, их создает.

Наряду с ней должно выражаться очень резкое и по величине может быть с ней сравнимо (того же порядка) тепло механической энергии тяготения, которая может быть последствием радиоактивной энергии. Это то тепло, которое выделяется во время тектонических движений – сдвигов, складок, шарьяжей, горстов и т.п. Оно не может вызвать эти движения, но является их неизбежным следствием и может вызвать *нагревание и даже плавление твердых земных масс*, может привести к грандиозным проявлениям, как это указывал Люжон (M. Lugeon) и другие, для создания гранитных масс гранитной геосферы.

Это плавление местное и *разновременное*, ярко проявляющееся в «подвижных», в критические эпохи диастрофизма, областях земной коры, причем в огромной, господствующей ее части температура ближайших к земной поверхности областей не должна при этом заметно изменяться.

Наконец, также вторичными являются те тепловые явления, которые связаны с химическими процессами, яркое проявление которых мы видим в вулканических извержениях или в гидротермальных процессах.

К сожалению, не делается никакой попытки учесть величину этой тепловой энергии, что вполне объяснимо, и оценить ее роль в том динамическом равновесии, какое представляет в ходе геологического времени наша планета.

Но и химическая энергия сама является на протяжении миллиардов лет по существу различной, благодаря происходящей в нашей планете гибели одних химических элементов и зарождению на их месте других.

17. Первые попытки точного количественного учета тепловой радиогенной энергии земной коры – Джели, Холмса, Лоусона (Lawson) и других – по существу стояли на почве космогонических представлений и не учитывали значения в строении нашей планеты рассеяния в ее веществе радиоактивных элементов.

Принимали, что это явление местное, связанное со скоплением атомов урана и тория в кислых массивных породах верхних частей земной коры, скопление, неизвестно почему происходящее. Строили для его объяснения новые космогонические преходящие гипотезы.

Не было учтено основное значение *рассеяния химических элементов в строении вещества* Космоса: оно – в случае радиоактивных элементов, а я думаю, и всех других – есть проявление основных положений термодинамики и длительности существования этого вещества – *длительности времени*. Мы еще не привыкли обращаться с временем ни в ньютоновском смысле, ни с временем небесной механики, на котором построена кант-лапласовая космогония, рабочая гипотеза прошлого миропредставления. Мы живем в *пространстве–времени* и с временем должны обращаться так же, как с пространством.

Рассеяние радиоактивных элементов в твердом веществе не есть планетное, земное явление. Оно зависит от свойств пространства–времени Космоса, по-видимому, даже не Солнечной системы.

К этому приводит не только логический анализ, но и точное научное наблюдение природы.

Впервые Панет (F. Paneth) показал и измерил, что внеземное вещество, до нас доходящее, – метеориты содержит рассеянный уран и радий и происшедший при их распаде гелий. В различном состоянии – в отдельных атомах – находятся в них в рассеянии и другие химические элементы.

Для метеоритов, вероятно, а для многих из них несомненно их происхождение из-за пределов Солнечной системы, из космических просторов¹.

¹ Для других допустимо происхождение в пределах Солнечной системы, но такое происхождение может быть вторичным. Солнце подобно тому, как Земля, постоянно захватывает галактическую материю.

В работах Панета мы получили прочную эмпирическую опору для углубления анализа рассеянных радиоактивных элементов в веществе нашей галактики.

Мы не можем сейчас говорить о нахождении рассеянных радиоактивных элементов в верхних частях нашей планеты, как думали первые исследователи, хотя мы здесь действительно видим их заметную концентрацию.

Рассеянные радиоактивные элементы проникают все вещество нашей планеты Земли, как вещество всякого космического тела.

18. В XX в., благодаря успехам геофизики и геохимии, оказалось возможным получить более конкретное представление о строении нашей планеты.

В общем случае получается впечатление об их строении из концентрических, резко различных по химическому составу и по физическим свойствам областей, каждая из которых делится на ряд концентрических *земных оболочек*, которые, в свою очередь, выявляются в более дробных подразделениях того же самого характера – *геосфер*.

Такое строение, причина и способ создания которого сейчас не ясны и ни одна из попыток объяснения которого не получила сколько-нибудь серьезного признания, наиболее подробно и полно выражено в ближайшей нам земной оболочке – *биосфере*.

Характерно, что оно распространяется за ее пределы и газовую среду – и стратосферу, ионосферу. И, с другой стороны, аналогичное явление выявляется в планетах нашей Солнечной системы и в самом Солнце, – можно найти его проявление и в огромных телах Космоса.

В общем, и между земными областями, земными оболочками и геосферами мы находим резкие переходы – скачки, вроде, например, того, который наблюдается на поверхности нашей планеты на границе гидросферы – океана и тропосферы, или на границе суши – коры выветривания и тропосферы.

Физическое состояние вещества, его химический и минералогический состав, его термодинамическое и энергетическое состояние и т.п. отличают область, оболочку, геосферу друг от друга.

Единственное свойство, которое непрерывно, однозначно изменяется в земном и во всяком другом космическом теле, есть напряжение тяготения и проявление его – *давление*, которое увеличивается к центру Земли, но это проявление, благодаря конкретному составу земного вещества, выявляется в концентрических земных термодинамических полях, как удобно назвать области, оболочки, геосферы, тоже скачками. Представление о таком же непрерывном увеличении температуры по мере приближения к центру Земли или к гипотетическому расплавленному ядру планеты отпало с крушением кант-лапласовой рабочей гипотезы¹.

19. Хотя этого рода представления постепенно, все менее и менее гипотетичные, быстро уточняющиеся, заключают еще ряд гипотетических положений, однако они дают возможность несравнимо более точного учета термического радиоактивного баланса планет, чем могли делать Джели и Холмс. Беря за исходную схему строения, данную Вашингтоном (J. Washington) в 1929 г., Урри (Urry, 1933–1936) первый вычислил этот баланс. В этом году

¹ В. Вернадский. Очерки геохимии.

проф. В.Г. Хлопин¹ с новыми данными ввел в эти вычисления серьезные поправки, и мы можем представить сейчас себе с допустимой для научных заключений точностью тепловой эффект радиоактивного распада земного вещества. Конечно, есть еще много неясностей. Но общая числовая величина, мне кажется, дает нечто реальное. Мы должны учитывать, что схема Вашингтона в значительной мере основана на экстраполяции и несомненно изменится. Но в основном едва ли резко перестроится.

Я не привожу таблицу В.Г. Хлопина, но привожу результаты, которые исходят из среднего содержания радиоактивных элементов в планете:

Уран	$28,08 \cdot 10^{20}$ г дает	$22,15 \cdot 10^{16}$ г кал/час
Торий	$92,11 \cdot 10^{20}$ » »	$20,07 \cdot 10^{16}$ » »
Калий	$8,81 \cdot 10^{21}$ » »	$8,48 \cdot 10^{15}$ » »
Рубидий	$2,99 \cdot 10^{22}$ » »	$1,99 \cdot 10^{14}$ » »
Самарий	$2,62 \cdot 10^{21}$ » »	$6,17 \cdot 10^{15}$ » »

Для неодимия сделать эти расчеты нельзя, но они не изменяют сколько-нибудь заметно полученных чисел.

Всем веществом нашей планеты, за исключением ее металлического железо-никелевого ядра, гипотетически допускаемого на основании ряда эмпирических данных (32% по весу Земли), благодаря радиоактивному распаду выделяется, по В.Г. Хлопину, в час $43,34 \cdot 10^{16}$ гкал.

Из них приходится на долю урана с актиноураном 51,11%, на долю тория 46,77%, на долю калия 2,07%, на долю рубидия 0,045% и на долю самария 0,011%.

Эти $43,34 \cdot 10^{16}$ гкал распределяются неравномерно, причем на основании малой радиоактивности железо-никелевых метеоритов можно пренебречь радиоактивным теплом – ничтожного порядка – вероятно металлического ядра. Затем на долю литосферы и прилегающей к ней основной алюмосиликатной оболочки (я оставляю в стороне ее петрографический состав²) придется 82,5% всего радиоактивного тепла, т.е. $35,75 \cdot 10^{16}$ гкал/час.

Это колоссальное количество, которое отвечает веществу нашей планеты, верхних ее 1200 км, по механическим свойствам отвечающему силикатам и алюмосиликатам, причем для земной коры, для тонкого верхнего слоя планеты, максимум в 70 км гранитной и базальтической оболочки, наблюдается и новая и очень значительная концентрация. Здесь сосредоточивается, примерно, 17,5% всего его количества, т.е. $7,58 \cdot 10^{16}$ гкал/час.

Вывод Стретта (1909 г.), таким образом, всецело подтверждается: количество создаваемой радиоактивным процессом тепловой энергии не только достаточно для того, чтобы объяснить потерю Землею тепла излучением и все динамические и морфологические воздействия внутренней энергии планеты и на ее поверхность – земную кору, но и для того, чтобы поднять ее температуру. Мы не можем сейчас точно в числах определить эту температуру за недостатком данных. Температура эта в слоях, близких к земной

¹ В. Хлопин. Изв. Акад. наук СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1937. № 2.

² Он не может отвечать известным нам горным породам, т.к. здесь при больших давлениях должны существовать химически новые силикаты и алюмосиликаты, другие, чем мы знаем в земной коре.

поверхности, выражается, во-первых, средней неизменной постоянной, независимой от колебаний солнечного нагревания, и, во-вторых, ростом градиента тепла при удалении вглубь от слоя постоянной температуры земной поверхности, независимой от сезонных колебаний.

Температура эта в каждом месте земной поверхности меняется. К сожалению, эта важнейшая область явлений как для геологии, так и для точного срастания ее с радиологическими проблемами, чрезвычайно мало обращает на себя внимание.

Мне кажется, было бы важно, чтобы геологи обратили большее внимание на этот важнейший вопрос по существу геофизический комплекс проблем – на *геотермику* – и добивались бы быстрого продвижения работы в этой области в международном масштабе.

20. В прошлом году в радиогеологии вскрыто новое явление, огромного, мне кажется, для геологии значения. Мы сейчас не можем вполне оценить его, но должны немедленно обратить на него пристальное внимание.

В прошлом году окончательно выяснилась сложность радиоактивных урановых атомов. Земной уран содержит несколько радиоактивных изотопов. Два из них обращают на себя наше внимание: один – обычный уран – U1, длительность существования атомов которого отвечает $4 \cdot 10^9$ годов, и актиноуран продолжительность жизни которого $4 \cdot 10^8$ лет. В настоящее время количество атомов актиноурана в обычном уране несколько больше или около 4%, и он дает всего столько тепла, сколько дает сейчас калий, по вычислению В.Г. Хлопина. Обычный уран – уран I – дает в веществе планеты выше ее металлического ядра, по В.Г. Хлопину, $21,26 \cdot 10^{16}$ гкал, а актиноуран – всего $0,886 \cdot 10^{16}$ гкал.

Но это было не всегда. Актиниурани является химическим элементом, который медленно исчезает из вещества Земли, оставляя вместо себя актиниевый свинец, атомного веса 207,1, и гелий. Это связано с тем, что актиноуран существует всего сотни миллионов лет, а мы измеряем геологические явления в аспекте трех миллиардов лет. В результате этого процесса на нашей планете исчезли большие массы актиноурана и произошли большие изменения в ее тепловом режиме. Атомы актиноурана выделяют при распаде гораздо больше тепла, чем атомы обычного урана, так как они более бренны. По подсчету проф. Хлопина.

В настоящее время выделяется тепла:		Три миллиарда лет назад выделялось [тепла]:	
ураном I	$21,26 \cdot 10^{16}$ гкал	ураном I	$34,06 \cdot 10^{16}$ гкал
актиноураном	$0,89 \cdot 10^{16}$ »	актиноураном	$162,2 \cdot 10^{16}$ »
ториумом	$20,27 \cdot 10^{16}$ »	ториумом	$24,12 \cdot 10^{16}$ »
калием	$0,9 \cdot 10^{16}$ »	калием	$2,82 \cdot 10^{16}$ »
Два миллиарда лет назад выделялось:		Эти четыре изотопа выделяли:	
ураном I	$29,12 \cdot 10^{16}$ гкал	XX столетие нашей эры	43,32 гкал
актиноураном	$27,80 \cdot 10^{16}$ »	Два миллиарда лет назад	$81,64 \cdot 10^{16}$ »
ториумом	$22,78 \cdot 10^{16}$ »	Три миллиарда лет назад	$228,20 \cdot 10^{16}$ »
калием	$1,94 \cdot 10^{16}$ »		

Три миллиарда лет назад наша планета только этим путем получала тепла в 5,34 раза больше.

Актиноуран на целую декаду лет, на многие десятки миллионов лет более бременен, быстрее разлагается на нашей планете, превращается в свинец и гелий, в то время как атомы U1 относительно мало меняются в своем количестве в течение периодов времени порядка миллиардов лет¹.

21. Отсюда следует два явления величайшей важности. Во-первых, вскрывает возможность былого существования – в геологически учитываемом времени – на нашей планете более высокой радиогенной температуры, чем та, которая сейчас на ней существует. Она связана с возрастом и определяет, по-видимому, предел, ниже которого не может проникнуть методика радиогеологического определения времени, так как следы всех процессов, существовавших раньше на нашей планете, должны быть изменены былым глубоким метаморфизмом, имевшим место во время распада атомов актиноурана.

Это явление проявляется не расплавлением вещества планеты, а более мощным, повсеместно шедшим метаморфизмом. Это указывает на то, что процесс медленно уменьшается во времени, и, возможно, что в основных чертах принцип актуализма при этом не был нарушен на земной поверхности.

Учитывая большое количество радиоактивного тепла, получавшегося нашей планетой в древнее архейское время, мы должны это иметь в виду при наблюдении явлений метаморфизма. Количество это, распределенное, однако, на длительность порядка миллиарда лет, не вызвало такого изменения горных пород, которое уничтожило бы следы их исходного строения. Для нижнего архея оно, по-видимому, определенно выявилось в полном уничтожении морфологических следов жизни и в увеличении местных расплавов отдельных участков метаморфической оболочки. Дальнейшее точное исследование характера наиболее древних архейских отложений может многое нам дать в этом аспекте. Живые обитатели биосферы того времени могли его совсем не ощущать, как мы не замечаем ныне идущих в историческое время, например в Сибири, орогенических изменений ее территории, в наше время недавно обобщенных В.А. Обручевым.

На наших глазах (за последние годы) в нашем понимании прошлого совершился переворот. Мы допускаем для исторического времени такие изменения геологического характера, как например, образование новых видов организмов, изменение климата или геоморфологические, которые несколько лет назад считались бы недопустимой научной ересью.

Сейчас вскрывается новое характерное свойство свободной тепловой энергии, лежащей в основе всех основных геологических явлений земной коры – биосферы: ее вспышки и ее понижения.

Новые вычисления проф. В.Г. Хлопина подтвердили вывод проф. Стрётта, сделанный 25 лет назад, что эта теплота не только объясняет всем нам известные видимые геоморфологические изменения планеты, видимые в биосфере, но и покрывает все излучения тепла в космические просторы.

Она достаточна и для объяснения очагов расплавленных магм и для явлений метаморфизма, вулканизма и т.п.

¹ Эта кажущаяся неизменность U1 и может служить косвенным доказательством того, что наблюдаемые нами геологические явления более длительны, чем $4 \cdot 10^9$ лет – средняя продолжительность существования атомов U1.

22. И все же останется ее остаток, ибо температура планеты не меняется. Очевидно, должен существовать процесс более общий, чем все указанные, не бросающийся в глаза в своих внешних проявлениях, но по своей всеобщности захватывающий до конца остаточную свободную тепловую энергию радиоактивного распада атомов.

Мне кажется, такой процесс мы видим в *эндотермическом* поглощении тепла при образовании обычных господствующих минералов, метаморфических и массивных горных пород, т.е. основного по массе вещества верхних частей планеты мощностью в 1200 км, – главной по весу массе Земли.

Это явление было открыто для глин недавно умершим выдающимся химиком Ле Шателье (H. Le Chatelier) в Париже, моим учителем, 48 лет назад, и количественно для каолинового комплекса $Al_2Si_2O_7$, который в них входит, установлено в 1912 г. его учениками Вологдиным и Чернобаевым сперва в Париже и подтверждены в Берлине – Далеме в 1929 г. Клевером (Clever) и Кордесом (Kordes) в Силикатовом институте Эйтеля (Eitel).

Но это явление не единственное, хотя по распространенности каолиновых алюмосиликатов основное в верхних частях планеты.

В прошлом году в Париже в лаборатории Лакруа (Lacroix) г-жа Кальер (Calliere) и в Москве проф. Ф.В. Сыромятников открыли эндотермический эффект для серпентинитов. Они думают, исходя из результатов своих опытов, что этот эффект объясняется не химической структурой, но оснований для этого заключения из их данных вывести, мне кажется, нельзя.

Как бы то ни было, мы стоим перед фактом, что *основная масса* метаморфических и магматических силикатов *поглощает тепло* при своем образовании. Таковы полевые шпаты, гранаты, кордиериты, слюды, серпентиниты. Надо ждать, что такими же будут хлориты и хлоритоиды, для которых нет данных и синтез которых не сделан. Возможно и необходимо опытным путем решить эту задачу.

Мне кажется, что огромный подъем тепловой радиоактивной энергии вследствие распада актиноурана, который проявился два–три миллиарда лет назад, в актиноурановый свинец и гелий, должен быть учтен во всех своих последствиях. Надо внимательно в связи с этим количественно учесть ту огромную тепловую энергию, то тепло, которое поглощено и непрерывно поглощается эндотермическими химическими процессами метаморфизма, – созданием метаморфической оболочки земной коры.

Во время метаморфических процессов и в каждой раскаляющейся и распалющейся магме температура понижается благодаря образованию эндотермических каолиновых комплексов, но количественно это явление пока не выражено.

23. Метаморфический процесс шел в архейскую эпоху несравненно сильнее, чем он идет сейчас.

Существование на нашей планете двух устойчивых изотопов урана есть геохимический факт огромного геологического значения. Мы еще его геологически не освоили. Но можно – и нужно – идти дальше.

Радиоактивное изменение атомного веса урана в течение геологического времени, исчезновение его господствующего изотопа ставят другой гораздо более общий вопрос.

Не было ли времени, когда на Земле существовали атомы и химические реакции, ныне в ней отсутствующие – элементы № 61, 83, 93, 94, 95, 96? Не исчезли ли они уже в главной своей массе к нашей эпохе? Во что, кроме гелия, они превратились? И не было ли времени, когда поверхность планеты – в доархейское время – была расплавлена благодаря радиогенному теплу?

Геолог должен уже теперь учитывать это возможное или вероятное явление и искать проявления его в научных фактах.

Здесь вскрываются перед нами огромные чисто радиогеологические явления, которые необходимо отметить, но останавливаться на которых я не буду.

Отметить их, однако, надо, так как эти явления определяют фон, на котором строится история нашей планеты в ее космическом аспекте.

Это, в сущности, космические проявления земного вещества.

Геологически медленно атомный химический состав земного вещества меняется. Исчезают одни химические элементы и зарождаются новые.

В наше время создаются и гелий и свинец. Исчезают уран, торий, актиноуран, один изотоп калия и рубидия. Создаваемый гелий состоит из одного устойчивого изотопа. Свинец состоит из четырех изотопов – атомных весов 204, 206, 207 и 208. Изотоп 204 находится в обыкновенном свинце в ничтожном, но определенном количестве, остальные изотопы составляют почти сплошь вещество обыкновенного свинца. При этом оказывается, что по новым расчетам, произведенным И. Стариком в Ленинграде¹, их количество в обыкновенном свинце отвечают количеству атомов урана, актиноурана и тория, распавшихся в порядке трех миллиардов лет. И.Е. Старик, исходя из наведений Ф. Содди (F. Soddy), выставил заслуживающую серьезного внимания и вполне – по подсчетам – допустимую гипотезу, что и свинец атомного веса 204 является конечным продуктом распада тория – распада, длящегося 10^8 лет. Как будто бы свинец на Земле *образовался вновь, являясь новым на земном шаре химическим элементом*, возникшим в заметном количестве впервые в доархейское время? Возникает новая проблема космического характера, проявляющаяся в геологическом времени.

Есть аналогичные явления, связанные с *рассеянными элементами нерадиоактивными*, входит в обсуждение которых здесь я не имею времени.

Но это большое космическое явление – рассеяние в следах нерадиоактивных элементов – есть явление другого порядка. Оно общее для всей нашей галактики, а не только земное, геологическое, выражающееся в новых рассеяниях бранных радиоактивных химических элементов в земном веществе, о котором я здесь говорил.

Геологи могут лишь учитывать наличие таких явлений.

Но мы можем сделать и другой вывод из всего указанного.

Геология, как это ясно видел Гёттон, не может дать нам понятия о брэнности Земли. Она может дать только – с помощью радиогеологии – точный

¹ Старик И.Е. Изв. Акад. наук СССР, сер. географ., 1937, № 2, с. 229. Исходя из количественного состава свинца в земной коре, в базальтах и гранитах и предполагая, что весь свинец получен радиоактивным распадом, И.Е. Старик получил $3,4-3,9 \cdot 10^9$ лет его существования на нашей планете. Атомный вес свинца горных пород (до сих пор экспериментально не определенный) получился меньший – 206,8 вместо 207,2, что возможно, конечно.

количественный учет древности геологических явлений *верхней части планеты*, причем в этой области мы наблюдаем для геологического строения планеты в аспекте времени мозаику. Земная кора состоит из участков более древних и более молодых частей, различных и не синхроничных для всякой точки одного и того же географического уровня.

Она выявляет в пределе не возраст Земли, а *древнейший хронологический уровень* метаморфизма, т.е. древнейший, не ожидавшийся процесс радиоактивного распада.

24. Есть и другая сторона этого космического явления, на которой надо здесь сейчас остановиться.

Все земное вещество без исключения – горные породы, минералы, воды, газы, живые организмы – проникнуты атомами радиоактивных элементов, все содержат – соответственные радиоактивному распаду их количества – атомы урана, тория, актиноурана, радона, протактиния, актинона, торона, иония и т.д., свинца и гелия.

Чрезвычайно замечательно, что эти элементы находятся в значительной мере в виде отдельных атомов. Вся земная материя проникнута их непривычным движением, частью их гибелью и частью их созданием, проявлением их энергии. Мы судим об этом на основании химического и радиологического анализа земных естественных тел. Это явление должно быть геологически изучено. Сейчас вскрывается новая возможность их точного изучения новой методикой проф. В.И. Баранова в Москве¹, позволяющей *видеть* пробег α -частиц, исходящих из рассеянных атомов, отличимых по пробегам их продуктов распада. Эта методика доказывает *существование отдельных рассеянных атомов* и в то же самое время их скоплений – соединений? – в горных породах².

25. Атомное рассеяние радиоактивных химических элементов является прежде всего реальными проявлениями *длительности геологического времени*.

Оно явно теснейшим образом связано с радиоактивной энергией этих атомов. Радиоактивная энергия есть, как мы видели, свободная энергия земной коры. Во всех процессах равновесия процесс останавливается, когда свободная энергия равна нулю, и во всех длящихся процессах свободная энергия стремится к минимуму.

Каждый радиоактивный атом, выделяя свободную энергию, разрушает окружающую среду. Уже Содди заметил, что атомы быстро исчезающего радона еще более радиоактивного торона или актинона не могут собраться в сколько-нибудь заметном количестве. Пятьсот кубических сантиметров, ими заполненные, разрушили бы все окружающее и произвели бы катастрофу на Земле. И действительно, мы наблюдаем, что в воздухе в одном кубическом сантиметре наблюдается всего от 1,5 до 0,5 атомов радона. И однако эти единичные атомы образуют в главной части *электрическое поле Земли*. В земном веществе всюду рассеяны единичные атомы или микроскопически мелкие соединения менее активных элементов урана, актиноурана, тория, которые непрерывно создают более активные элементы – атомы, распадением выде-

¹ В. Баранов. Докл. Акад. наук СССР, 1935.

² Работа эта ведется в Радиовом институте Академии наук СССР.

ляющие тепловую энергию и создающие в конце концов активно-инертные атомы свинца и гелия.

Такое рассеяние до единичных атомов соединений урана, актиноурана и тория могло создать в земном веществе только в течение геологически длительного времени. Оно отвечает равновесию, в котором свободная энергия достигает максимума.

Мы должны признать, таким образом, что повсеместное рассеяние радиоактивных элементов – урана, тория и актиноурана указывает на чрезвычайную длительность существования горных пород земной коры.

Замечу, что оно указывает и другое. Оно заставляет научно считаться с возможностью или вероятностью, что все химические элементы находятся в радиоактивном распаде, но их распад не открывается нашими методами*, так как α -частицы, им выделяемые, движутся со скоростью, меньшей 2000 км/сек, когда только мы их открываем.

Такая причина их распределения, скрытая для нас их радиоактивность, объясняет факт, что рассеяние для них, например йода, натрия, кальция и т.д., ничем не отличается от рассеяния радиоактивных элементов. Оно получает то же объяснение в законах энергетики и в длительности геологического времени.

Связанная с этим теплота нами до сих пор не учитывается.

26. Возвратимся к вопросу о большой древности геологических отложений¹.

Она была понята и доказана только недавно, можно сказать, на днях, после выхода в свет в 1931 г. отчета комитета проф. Кнопфа (A. Knopf) в Нью-Хейвене, основанного в 1924 г. при National Research Council в Вашингтоне, в его физическом отделе, для определения возраста Земли.

В первой четверти XVIII в., установив свои бессмертные законы, Исаак Ньютон считал, что они существуют с создания мира примерно за 6030 лет до него. Он употребил несколько лет своей жизни на более точное вычисление этого числа, исходя из книг Ветхого завета. Геология в это время уже создавалась. К середине XVIII в., в 1740-х годах, Бюффон (Buffon) исчислял время существования Земли в 181 000 лет. К концу века, лет через 50 после Бюффона, Джемс Гёттон (Hutton) провозгласил впервые положение, отвечающее современной эмпирической науке, что в геологии мы не видим ни начала ни конца. Мы видели только что, что к этому же приводит радиохимическое изменение атомного состава земного вещества.

Комитет Кнопфа на основании докладов Холмса и Шухерта (Ch. Schuchert) пришел к заключению, что раньше, в 1920-х годах, признававшееся противоречие между выводами геологов и радиологов-физиков о возрасте геологически исследованных частей Земли в действительности не существует. Проф. Шухерт в 1924 г. указал, что геологи не могут объяснить, исходя из своих данных, той длительности, которая вытекает из радиологических измерений физиков.

В 1931 г. Шухерт печатно указывал, «что Земля с начала археозоя существует по крайней мере 500 миллионов лет». А в 1931 г. он писал: «Автор

* См. КОММ. 2 – *Ред.*

¹ Bull. Un. St. National Res. Council., 80, W., 1931.

должен допустить, что он сам удивлен своими собственными результатами, потому что он исходил из мысли, что он не сможет найти достаточной мощности отложений или достаточно перерывов, чтобы объяснить требования физиков, исходящие из определения времени с помощью радиоактивных минералов. Он, однако, легко нашел достаточно морских отложений с начала палеозойского времени для 500 миллионов лет. И мы теперь готовы допустить 500 миллионов лет только до начала палеозойского времени». Он признал вероятную длительность известного геологического времени примерно в 1600 миллионов лет.

Время существования Земли на основании доклада проф. Кнопфа дошло до 2 миллиардов лет. Наиболее древними из принятых им чисел оказались данными К.А. Ненадкевича для пегматитовых жил прионежских гранитов.

Со времени опубликования этого отчета, с 1931 г. эти данные получили широкое признание и влияют на геологическую и биологическую мысль. Тем более, что одновременно образованная при этом же Национальном совете в Вашингтоне геологическая комиссия под председательством проф. А. Лэна (A. Lane) в Медфорде по определению геологического времени радиоактивным распадом энергично продолжала свою работу и получила новые данные.

27. Мне кажется, сейчас настало время придать этой работе международный характер и создать нужную для этого особую организацию, ибо определение геологического времени радиоактивным распадом идет независимо в ряде стран, в частности в нашем Радиевом институте в Ленинграде и соответственной лаборатории бывшего Геологического Комитета там же, в Радиевом институте в Вене, и, несомненно, должна в ближайшее время начаться та же работа всюду. Необходимо соглашение.

Совершенно ясно в то же время, что вхождение числового элемента в определение геологического времени должно вызвать целый ряд новых проблем в текущей геологической работе всех стран и глубоко отразиться на их геологической карте.

Конечно, я говорю не об определении в годах возраста планеты, самый вопрос о котором представляется мне сейчас, при современном состоянии науки, выходящим из области эмпирического знания. Возможно, что мы находимся здесь в отношении космического времени в таком же положении, в каком еще недавно мы находились по отношению к времени геологическому. Судя по существованию радиоактивного изменения элементарного химического состава нашей планеты с ходом времени, едва ли будет осторожным придавать в геологии серьезное значение оценке времени с начала существования Солнечной системы только в течение миллиардов лет, делаемой астрономами на основании экстраполяции и научных, все же очень спорных, гипотез и гипотетических допущений.

К тому же перед нами стоят две более реальные задачи: во-первых, определение длительности геологических процессов, и, во-вторых, определение возраста геологических слоев.

28. Раньше чем к ним перейти, я позволю себе кратко остановиться на анализе времени, как оно начинает выясняться в науке нашего столетия.

Время неотделимо для нас от пространства. А пространство–время научно изучаемой нами реальности выделяется в трех аспектах, в трех ее разрезах:

в разрезе космических просторов, в разрезе нашей жизни, поля всемирного тяготения, и в микроскопическом разрезе реальности, где не выявляются вполне законы ньютонова тяготения, но где неразрывно связанные с нами живые существа являются действующими агентами.

В геологии мы имеем дело только с двумя последними разрезами реальности. И в ней, как во всякой науке нашей эпохи, мы впервые должны считаться с временем так же, как мы считаемся с пространством.

Фактически мы с этим и считаемся, но, переходя к числовому исчислению времени в геологии, где длительность процессов и продолжительность явлений иные, чем в обыденной жизни, мы должны здесь, как и для космического пространства, прежде всего выяснить удобную единицу времени.

Для пространства в геологии мы не стоим перед необходимостью изменять его единицу, так как приняли для этого за исходную нашу планету, как она была метрически выражена в астрономии. Тем более, что до последнего времени реально геологи не выходили в своей текущей работе из верхней оболочки земной коры – из биосферы. И лишь за последнее десятилетие мы начинаем все больше и больше научно точно считаться с более глубокими частями планеты, не превышающими, однако, тысяч километров. Наша планета такое маленькое космическое тело, что совершенно свободно и без всяких неудобств мы можем при этом пользоваться метром и сантиметром.

Совершенно другое относится ко времени. Отвечающая сантиметру секунда для одного года равна $3,17 \cdot 10^{-8}$, т.е. равна 3,17 стомиллионной его части. Для миллиарда лет она будет соответствовать стомиллионмиллиардной части миллиарда лет. В то же время сантиметр будет стомиллионной частью километра. Очевидно, при таких условиях в геологии удобнее, оставляя нетронутым сантиметр, принимать за единицу времени не год, а сто тысяч лет, которые я предложил в 1935 г. назвать *декамирадой*. Мне кажется, что такая единица дала бы больше удобства для нашего образного представления числовых явлений геологического времени.

29. Дело в том, что вся наша геологическая работа идет в биосфере, а в биосфере мы встречаемся с разными по темпу времени явлениями, связанными с жизнью, с живыми организмами, которые идут очень быстро и для которых секунда является удобной единицей времени. Эти динамические, геологические отчасти, явления происходят, как мы говорим, в аспекте *исторического времени*. А историческое время охватывается ста тысячами лет. В них идет вся человеческая история. Недалеко за их пределы заходит геологическая деятельность человечества. В этих пределах остаются неизменными или мало изменяющимися другие проявления жизни, идущие в почвах или в поверхностных водах.

Наряду с ними, резко по времени от них отграничиваясь, идут естественные процессы в косных телах – процессы изменения и создания минералов, движение и смещение гор, перемещение морских и океанических вод, отложение заметных человечеству осадочных пород. Эти процессы проявляются в декамирадах, происходят в геологическом времени.

30. Две основные задачи стоят перед геологом, требуют для своего решения международного соглашения и работы радиолога в теснейшем контакте и при непрерывной помощи и указаниях геолога.

Это, во-первых, определение *длительности*, точно выраженной в декамириадах, какого-нибудь из критических периодов орогенеза, например герцинского или каледонского. Было бы важно произвести эту работу одним и тем же методом в различных частях света, выбрав случай наиболее энергичного или наиболее геологически интересного их проявления. Важно выяснить, настолько ли они длительны, чтобы принцип актуализма не нарушался, и какую часть времени отвечающих им геологических систем они количественно занимают? И насколько они синхроничны?

И, во-вторых, необходимо точно количественно определить длительность как геологических систем, так и главнейших их подразделений – синхроничность их во всех странах. Для этого необходимо получить эти данные в возможно разных частях планеты.

И, наконец, в-третьих, чрезвычайно важно определить наиболее древние участки архейских пород.

31. Заканчивая на этом свое сообщение, я предлагаю образовать комиссию при Международном геологическом конгрессе, которая занялась бы вопросом об установлении единой методики геологического определения времени и осуществлением, обсуждением указанных проблем и получением отвечающих им точных численных величин. Может быть, комиссия при Национальном исследовательском совете в Вашингтоне сочла бы возможным принять на себя инициативу в этом деле. Было бы желательно, чтобы к следующему конгрессу эти вопросы явились бы одной из главных задач обсуждения и позволили бы научно поставить вопрос об их отражении на мировой геологической карте.

О НЕОБХОДИМОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЧИСТЫХ ТЯЖЕЛЫХ ИЗОТОПОВ ПРИРОДНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ*

1. Прежде чем перейти к теме доклада, я хотел бы в немногих словах остановить внимание конференции на этом историческом моменте в вопросе об изотопах, который мы переживаем. Резко меняются исходные наши представления.

В связи с изотопами в атмосфере научного атомизма, все более и более нас охватывающей, чрезвычайно характерно, что два глубочайших изменения произошли внезапно, несколько лет назад – на наших глазах – сложились, можно сказать, незаметно и беспрекословно и без споров вошли в наше миропредставление. Нелегко будет, мне кажется, установить точно хронологически изменения наших представлений, которые при этом произошли. Они вошли в наше мышление как научные достижения, научные факты. Они сошлись вне той огромной научной теоретической работы, которая охватила ведущую область атомистики – теорию ядра атомов и явления, с ней связан-

* Слово председателя при открытии Первой конференции по изотопам, созванной Комиссией по изотопам при Академии наук СССР в Москве 16 апреля 1940 г. Опубликовано в: Природа. 1941. № 1. С. 63–66.

ные. Готовыми они вошли и в теорию атомного ядра. Они созданы вне этой теории.

Может быть, именно такой их характер (эмпирического знания, а не теоретического построения – вне той области, в которой идут научные споры) и определил тот крутой поворот – реальный, но теоретически недостаточно осознанный, который мы переживаем сейчас в области, связанной с работой нашей комиссии.

2. Мне кажется, эти изменения по существу сводятся к следующим двум новым представлениям.

Во-первых, резко и коренным образом изменяется наше представление об атомных веществах химических элементов.

Из непреложной константы, какой атомный вес еще недавно рисовался химикам – и от стремления установить эту постоянную и неизменную величину для каждого элемента с максимально доступной точностью – атомный вес химического элемента выявляется *изменчивой величиной*, закономерной изменчивой смесью *изотопов неизменного атомного веса*.

В международной организации, ведущей определение атомных весов, резко – и незаметно – изменилась основная задача.

Не установление атомных весов, а их изменчивость является ее задачей.

Изучение этой *изменчивости* – ее пределов – является сейчас целью научной работы в этой области, вместо точного установления неизменного атомного веса каждого химического элемента.

Атомные веса химических элементов меняются в связи с геологическими, биологическими и радиологическими явлениями. Пределы колебаний, большей частью, относительно невелики, но их точное установление может дать нам очень важные результаты.

К сожалению, в мировой организации научной работы по определению этих весов наша страна за последние годы выпала. Ее вело Русское физико-химическое общество в Петербурге. С реформой общества она не восстановилась. Правда, наше участие, если исключить Д.И. Менделеева, было всегда в этой области не яркое. Заменившее старое общество Менделеевское химическое общество в Москве этой функции не исполняет. Мне кажется, следовало бы обратить его внимание на это упущение и восстановить участие наших химиков в этой всемирной организации, тем более что в Радиевом институте Академии наук в Ленинграде создан для этого специальный центр экспериментальной работы, которого раньше у нас не было, и наша работа может быть поставлена лучше, чем прежде.

И во-вторых, оставляя в стороне процессы радиоактивности, выяснились два геологических явления на нашей планете, которое вызывают *колебания атомного веса химических элементов в более резкой степени*: 1) природные химические реакции, идущие в земной коре, главным образом связанные с строением нашей планеты, из земных *геологических оболочек*, скачками меняющихся в своем физико-химическом характере при движении от земной поверхности к центру планеты, и 2) в биосфере те же явления выражены, по-видимому, иначе, но ярко, в живых организмах.

В первом случае, как будто можно считать, что изотопические смеси начинают смещаться только с третьей десятичной весовой величины. Но воз-

можно, что в некоторых случаях сотые доли весовых процентов затронуты. Систематически вопрос не изучен.

Можно думать, что в живых организмах колебания выражены более резко. Это явление еще едва затронуто экспериментальной работой.

3. Одновременно с этим выяснилось и другое явление, с которым мне придется считаться в моем дальнейшем изложении – столь же неожиданное и столь же противоположное господствующему представлению.

Смесь изотопов – механическая, по нашему представлению, сейчас, может быть, слишком упрощенному, – дает нам тот атомный комплекс, который мы называем химическим элементом (может быть, эта смесь и немеханическая). Изотопы всегда выражаются в *своем атомном весе целыми числами*.

Наблюдаемые в атомном весе химических элементов дробы являются в результате разного количества – изотопных атомов, более тяжелых и более легких, их составляющих.

Но самое основное, что вытекает из этого представления – это упрощение идеального строения ядра атомов всех химических элементов, которое заменило недавно господствующее представление. Прежде теоретическая мысль опиралась на аналогию с Солнечной системой – теперь мы возвращаемся в новой форме к старой идее старых химиков – к новому облику гипотезы В. Проута (1786–1850) о строении всех элементов из одной материи – из разных комбинаций атомов «водорода». Но для ядра мы не имеем надобности в водороде – сейчас можно представлять его состоящим только из нейтронов и протонов для нашей цели с достаточной точностью. По массе нейтроны и протоны близки к водороду – в ряде явлений различием их массы можно пренебречь.

4. Исходя из такого представления – из изотопов как целых чисел, – мы сейчас можем считать, что в тех случаях, когда химический элемент выражается сложным числом и для него не найдены изотопы, то эти изотопы все же существуют, но не открыты той методикой, которая для этого теперь применяется. Такое допущение приходится делать мне для цезия, атомный вес которого равен 132,90, но изотопы которого констатированы быть до сих пор не могли.

5. Основываясь на этих представлениях, мне кажется, необходимо использовать природный радиоактивный процесс для того, чтобы добыть и сохранить чистые изотопы, которые при этом процессе образуются в достаточном количестве и в достаточно чистом состоянии.

Целью моего доклада как раз является обратить внимание на необходимость конкретных охранных мер, чтобы сохранить для научной работы и вызвать научную работу над чистыми изотопами, выделяющимися во время природного радиоактивного процесса.

Этим путем могут быть получены в достаточном количестве *тяжелые изотопы*, те устойчивые химические элементы, которые получают в конечном радиоактивном распаде.

Это конкретно будут: изотопы свинца (веса 208 и 206), кальция (веса 40), стронция (веса 87), продукты окончательного распада урана и тория (свинец), калия (кальций), рубидия (стронций), цезия (барий). Для первых трех элементов это явление установлено, для цезия логически вытекает из эмпирического обобщения, только что мною указанного. Если бы оказалось, что

такого изотопа в изотопическом составе обычного бария нет, пришлось бы пересмотреть основы наших представлений об изотопах. Но такие изотопы для бария известны¹. Должно быть направлено внимание на нахождение в цезиевых минералах легкого бария.

6. Тяжелые изотопы должны еще образовываться и, очевидно, образуются в группе элементов редких земель. Но, по-видимому, они из пределов этой группы не выходят. Надо ждать дальнейшей экспериментальной работы, чтобы иметь возможность подойти здесь к их выделению. Сейчас это для нас недоступно.

7. Сейчас при техническом использовании природных соединений калия, урана, рубидия, цезия, тория получающиеся чистые необычные изотопы свинца, кальция, стронция, бария теряются – переходят в рассеянное состояние. В нашей государственной социалистической структуре это не допустимо. Это понятно при капиталистическом производстве, при хаотическом, основанном на конкуренции, производстве. Но при правильном плановом хозяйстве и при научном учете *будущего* социалистическая страна не может в этом частном явлении следовать вредной для будущего окончательной потере драгоценных для потребления человека – теперь или в будущем – масс вещества.

Мне кажется, наша комиссия должна через Академию наук обратить внимание правительства на необходимость охраны *ценнейших* продуктов производства, бесследно и невозвратно сейчас пропадающих.

8. Дело конкретно идет сейчас о двух изотопах свинца – уранового свинца веса 206 и ториевого свинца веса 208 (обычный свинец – 207,21)², рубидиевого стронция веса 87 (обычный стронций – 87,63), калиевого кальция веса 40 (обычный кальций – 40,08), цезиевого бария 130 или 132? (обычный цезий – 132,90). Допущение данного изотопа для цезия, как указано, научно эмпирически окончательно не установлено.

При радиоактивном распаде еще получается попутно *гелий*, чистый изотоп атомного веса 4. Но практически природный гелий – атомного веса 4,008 – от него опытным путем не отличим.

9. Прежде чем идти дальше, необходимо здесь же, сейчас же, отметить, что уже и теперь можно утверждать, что дело идет не только о чисто научном интересе, требующем охраны драгоценных форм вещества, бесследно и безвозвратно исчезающих, когда они могли бы быть сохранены и с относительно небольшими затратами. Для нас ясно, что во все увеличивающейся сложности нашей жизни чисто научные интересы всегда неразрывно связаны с прикладным значением для жизни человечества. И это прикладное значение тем больше, чем глубже научное значение явления. Я нисколько не сомневаюсь, что изотопы – такое глубокое природное явление, что в научном их изучении нет *мелочи*, всякий успех практически жизненно важен.

Но в данном частном случае для изотопов свинца их практическое значение может быть указано теперь же.

¹ Из атомного веса элемента цезия – 132,90 следует, что такими изотопами бария могут быть только более легкие, чем 133. Таких известно для бария два – 130 и 132.

² Мне кажется, мы не имеем никаких оснований и никакого права говорить о существовании на нашей планете, как это часто делают, искомого свинца, генетически не связанного с радиоактивными процессами.

Необходимо, в связи с свинцовым отравлением людей, изучить действие на них изотопов 206 и 208 и в то же время количественно установить то изотопическое изменение, которое происходит со свинцом, выделенным организмом больных, по сравнению с обычным свинцом¹. Свинец входит во всякий живой организм, но атомный вес такого свинца неизвестен. Возможно, что замена одних изотопов свинца другими окажется благоприятной или вредной и что атомный вес свинца, прошедшего через больного, изменен.

В 1933 или 1934 г. наша лаборатория пыталась заинтересовать этим вопросом существующий в Москве специальный институт им. Обуха, занимающийся этой проблемой, но наши с А.П. Виноградовым переговоры с институтом ни к какому результату не привели.

Сейчас, однако, можно утверждать, что изотоп 206 и обычный свинец биологически не идентичны. Опыты, поставленные в Гос. Мед. радиолог, и рентгенолог, институте микробиологии (неопубликованные), показали, что радиация этих свинцов различно действует на живые организмы.

10. Для свинца необходимо обратить внимание на следующее. У нас добывается радий из таких источников урана, которые нигде в мире до сих пор не используются. И методика и самая идея использования были созданы нашим Радиевым институтом, методика добычи акад. В.Г. Хлопиным и его сотрудниками, но свинец при этом отсутствует. Радий у нас добывается из подземных соленых и рассольных вод – вод, заполняющих пустоты и трещины, связанные с нефтяными месторождениями. Есть и пластовые воды этого типа, не использованные сейчас с этой целью. Это – вода состава Cl–Na–Ca. Получается продукт, отличный от обычного радия – радий-мезоторий – смесь его двух изотопов Ra и MsthI.

Свинец этих вод и их осадков совершенно не изучен.

Эта работа должна быть, конечно, сделана, но для нашей непосредственной сейчас цели она нас не интересует.

Надо, однако, при большой научной работе, идущей в связи с добычей Ra и MsthI, выяснить геохимию свинца этих вод и осадков.

11. Практически чистый изотоп 206 может получаться из урановых руд, которые разрабатываются у нас в Средней Азии. Теперь ясно, что и для других целей, связанных с возможностью использования – в реальном будущем – атомной урановой энергии, добыча этих урановых руд должна быть энергично поставлена.

Хуже пока обстоит дело с изотопом 208. Чисто ториевых руд пока у нас в достаточном количестве не найдено; практически достаточное для первых опытов количество практически чистого изотопа 208 может быть, однако, получено из разных монацитов, эшинитов, торианитов и т.п.

Вероятно, Радиевый институт возьмет на себя это сделать.

12. Значительно сложнее обстоит дело с изотопами распада изоморфного ряда калия – с изотопами 40, 87, 130 и 132. Во-первых, распад этот более медлен и, во-вторых, калий и кальций гораздо более распространены, чем уран и торий, и поэтому вновь образующиеся эти атомы не могут быть отделены от обычного кальция, особенно всюду находящегося. Обычные рубидий

¹ Обычный свинец (атомн. веса 207,21) добывается из руд, образовавшихся в биосфере, главным образом, гидротермальным, пневматолитическим путем, или в осадочных породах.

и цезий гораздо более редки и потому гораздо чаще можно ожидать нахождения их чистых изотопов – новообразований – рубидиевого стронция и цезиевого бария.

В связи с этим представляют интерес группы минералов, в которых щелочноземельные металлы, как таковые, обычно не находятся. Это – группы своеобразных алюмосиликатов светлых слюд – *группы лепидолита и мусковита* особенно. В них и из химических (как это указал Г.В. Вульф) и из рентгенометрических данных надо допустить, что атомы щелочных металлов будут расположены в плоскости спайности и щелочно-земельные металлы Ca, Df, Sr находятся там *только* как изотопы – новообразования. Для Ca и Sr, по-видимому, это наблюдение может быть перенесено и на другие слюды, но для бария мы для группы биотита и флогопита наблюдаем бариевые слюды. Для стронция, правда, в одном случае, это явление экспериментально доказано О. Ганом и Ф. Штрассманом в Радиевом институте в Далеме. В старых мусковитах, пропорционально геологическому времени, атомы калия и рубидия переходят в кальций и стронций. Условно это можно допустить для бария. Большая разность между атомным весом обычного бария (137, 56) и его изотопа, происшедшего из цезия (132 или 130), позволит относительно легко это проверить. Было бы желательно и вообще определить атомный вес бария из бариевых слюд.

12. Сейчас рубидий и цезий добываются в нашем Союзе в довольно значительных количествах из рубидиевых и цезиевых слюд. Было бы важно, чтобы при этом в технике работы не вводили в производство Cf-, Sr- и Ba-солей, ибо возможно, что эти элементы из этих слюд являются чистыми изотопами.

Необходимо убедиться в присутствии бария в минералах, богатых цезием, и определить атомный вес этого бария. Если предположение о их генетической связи верно, то барий всегда должен быть, а так как это будет легкий барий, то определение атомного его веса – в первом приближении – может указать это и химически.

На барий надо спектрометрически исследовать прежде всего цезиевые минералы: цезиевые микроклины, воробьевит, родицит, поллуцит, цезиевый мусковит.

Кислые вулканические стекла, по-видимому, временами бывают богаты цезием. В вулканической брекчии из рандекской маары в Швабском Альбе цезия очень много, а рубидия нет. Также богаты цезием пехштейны из Карбитца¹. Надо обратить внимание на соответствующие образования в нашей стране.

14. Но помимо этого, необходимо при добыче *калия, рубидия и цезия* из слюд или других минералов установить законодательным путем или распоряжением соответствующего наркомата такую методику их извлечения, которая не вводила бы в процесс солей кальция, стронция и бария.

Изотопы кальция 40, стронция 87 и бария 132 или 130 являются драгоценными телами, имеющими рыночную ценность. Социалистическое государство, учитывая это возможное прикладное их значение, их относительную редкость, должно с этим считаться. Может быть, правильно было бы самой нашей комиссии организовать эту работу и изготовить достаточное для изучения – физико-химического и биологического – количество чистых солей этих изотопов.

¹ В. Вернадский. Изв. Акад. наук, 1909, стр. 823, 824.

ОБ ЭЛЕМЕНТАХ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ В МАССИВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

(Доклад в Отделении физ.-мат. наук 16 января 1929 г.)

«Доклады Академии Наук СССР», А, 1929, № 2, с. 35–37.

В истории элементов редких земель¹ в земной коре является до сих пор неясным характер их первичного нахождения в массивных породах.

Минералы, богатые редкими землями, находятся в значительных количествах и концентрируются в пегматитовых жилах (может быть, в некоторых контактовых месторождениях, например, цериты); в самой же массе пород их распределение не ясно. Их главные обогащения в земной коре – пегматиты. Но возможно, что это явление лишь кажущееся.

Едва ли можно сомневаться, что наши анализы горных пород, обычно не указывающие элементов редких земель, не дают точной картины явления². Эти элементы всегда в них находятся, что не видно из их анализов. Их количество в массивных породах должно быть по весу³ порядка 10^{-2} .

Где они сосредоточены в этих породах? По-видимому, мы не имеем для них преобладания того рассеянного состояния, которое приходится допускать для ряда других элементов; эти элементы, по крайней мере частью, сосредоточены в *минералах*, т.е. дают *соединения* или собираются в *изоморфных подмесях*.

Минералы, в которых они наблюдаются в породах, отличны от минералов пегматитовых жил; это ясно из того, что они гораздо менее разнообразны.

Сейчас для редких земель может идти речь об их концентрации в породах – в фосфорнокислых соединениях – в монацитах, в ксенотимах, в апатитах и в сложных силикатах – в ортитах (алланитах), в акмитах (эгиринах), в цирконах и в сфенах.

Все это (за исключением, может быть, акмитов) первые выделения при застывании горных пород. По-видимому, и после такого выпадения остается в магме еще часть редких земель, которая в породе находится или в рассеянном состоянии или же собирается в черных слюдах и, может быть, в других алюмосиликатах (изоморфная подмесь?). Точных наблюдений, не вызывающих сомнений, здесь, однако, нет.

Их чрезвычайно мало и для породообразующих монацитов, ксенотимов, апатитов, эгиринов, ортитов, цирконов и сфенов. Обычно переносят на них те представления и данные об их составе, которые найдены для их разностей, встреченных в пегматитовых выделениях. Очевидно, это можно делать только с большой поправкой, порядок которой нам неизвестен.

Надо иметь в виду, что для части этих минералов, например, для цирконов, едва ли можно говорить о концентрации в них редких земель. Такие концентрации с точностью для породообразующих цирконов не констатированы. Процент редких земель в них ничтожен.

Ни одного анализа породообразующих редкоземельных минералов мы не имеем; анализы ортитов, монацитов, ксенотимов, апатитов (на редкие земли) – все относятся к пегматитовым выделениям.

¹ В.И. Вернадский. Очерки геохимии. Л., 1927, с. 33.

² Ср. F. Clarke, H. Washington. Composition of the Earth's crust. W., 1923, p. 22.

³ А.Е. Ферсман. Доклады Акад. Наук, А, 1924, с. 43.

Из всех этих минералов наибольшее внимание должны привлечь те содержащие редкие земли природные тела, которые являются их соединениями, т.е. в составе которых редкие земли преобладают. Это монациты, ксенотимы и ортиты.

В ксенотимах и, может быть, в иттровых ортитах¹ преобладают иттровые земли, тогда как в монацитах и в обычных ортитах – церовые.

Для иттровых разностей наши знания сейчас столь незначительны, что никаких сколько-нибудь обоснованных суждений иметь нельзя. Для ксенотимов мы имеем чрезвычайно мало указаний на их нахождение в породах².

Для монацитов, ортитов, ксенотимов нет указаний на их нахождение в основных породах.

Если это подтвердится, то мы должны будем констатировать интересное – и не безразличное, очевидно, в миграции этих элементов в земной коре – явление. В основных породах будут отсутствовать первичные (породообразующие) редкоземельные минералы. Редкие земли должны быть сосредоточены в них – помимо рассеяния – в изоморфной смеси в апатитах.

Ограничиваясь церовыми минералами – монацитом и ортитом, можно заметить, как это было мною давно указано³, что для гранитов и аналогичных пород наблюдается резкое разделение, проявляющееся и в их пегматитовых выделениях. Монациты и ортиты наблюдаются или в разных гранитных массивах или же один из них резко в них преобладает. Этот последний вывод требует проверки.

Это, очевидно не случайное явление, получает сейчас, после работ В. Гольдшмидта⁴ и его учеников, особое значение, так как Гольдшмидт, не зная о моем наблюдении, указал на различный тип смесей редких земель в ортитах и в монацитах. По характеру смесей элементов церового ряда он выделил тип монацита и тип ортита.

Если верно, что одни гранитные массивы содержат редкие земли в виде монацитов, а другие – в виде ортитов, это будет обозначать, что гранитные магмы содержат различные смеси элементов церового ряда и первично химически различны.

Выделяя в 1914 г. гранитные массивы по характеру церовых минералов их пегматитовых жил, я, просматривая тогда описания русских гранитных пород, нигде не мог найти указаний на нахождение в них ортитов или монацитов.

Неясно было, действительно ли эти минералы в них не находятся или петрографы на них не обращают внимания. И позже 1914 г. я таких указаний не встретил. Издаваемая сейчас в «Известиях Академии Наук» работа проф. Б.З. Коленко, мне кажется, с несомненностью устанавливает, что последнее

¹ Существование в пегматитах таких богатых иттровой группой редких земель «ортитов» доказано новыми анализами К.А. Ненадкевича (см. *Лабунцов А.Н.* Изв. Акад. Наук, 1927, с. 618). Очевидно, этот минерал не может быть назван ортитом и требует нового названия. Я буду называть его *иттровым ортитом*.

² Любопытно, что для русских горных пород он, до работы Б. З. Коленко, ниже указываемой, кажется, совсем не отмечался.

³ *В.И. Вернадский.* Изв. Акад. Наук, 1914, с. 1369, 1373; *Очерки геохимии*, Л., 1927, с. 251.

⁴ *V. Goldschmidt u. C. Thomassen.* Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente, 3, Oslo, 1924. S. 37 и сл. Ортиты бедны Sm и Gd.

объяснение более правильно. Русские петрографы в своих работах их пропускают.

В высшей степени желательно, чтобы в оптические определения шлифов были включены редкоземельные элементы и чтобы работа Б.З. Коленко нашла себе продолжение и проверку.

Дело в том, что вообще для массивных горных пород редки не только химические определения редких земель, но и микроскопические определения в них редкоземельных минералов. Для монацитов они чрезвычайно редки, и россыпи монацитов связываются исключительно с пегматитами и с гранитными массивами, богатыми пегматитами. Для ортитов нет ни одного анализа породообразующих разностей. В то же время редкие земли содержатся в эпидотах и клиноэпидотах, для которых есть переходы или сростания с ортитами¹. Но и для них анализов (количественных) нет.

Таким образом, мы не знаем с несомненностью химического состава (количественно) ни для одного породообразующего редкоземельного минерала – ни для ортитов, ни для монацитов в частности. Между тем ничто не указывает, чтобы этот состав был тождественен с составом тех же тел в пегматитовых жилах.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМ ЗЕМНОЙ КОРЫ

(Доклад на заседании Академии Наук 3 мая 1922 г.)

«Природа», 1922, № 3–5, с. 31–40.

I

1. Работы последних лет выяснили, мне кажется, с несомненностью, что количественный химический состав земной коры и метеоритов является отражением строения атомов составляющих их химических элементов. В 1914 г. проф. Г. Оддо в Павии² указал, что 86,5% земной коры составлено из элементов, атомный вес которых является кратным или почти кратным 4, т.е. атомному весу гелия. В работах проф. У. Гаркинса в Чикаго связь распространенности химических элементов в земной коре со строением их атомов была (1916–1921)³ выяснена еще с большей ясностью и была доказана для метеоритов. Если оставить в стороне все другие черты строения атомов, то совершенно ясно резкое преобладание среди химических элементов, строящих как земную кору, так и особенно метеориты, элементов с четными атомными числами, т.е. с четным числом зарядов ядер атомов.

Но это влияние строения атомов отражается не только на количественном химическом составе (распространенности элементов) земной коры. Оно может быть прослежено и в других областях ее химии.

¹ Ср. *V. Goldschmidt u. C. Thomassen*. I. с., 1924. S. 25. Для гранитов Джерси А. Гровс для тяжелых минералов не указывает ортитов, но указывает эпидоты. (*Groves A. Geol. Mag.*, 64, L., 1927, p. 241).

² *G. Oddo*. *Zschr. anorg. Chemie*, 87, L. u. H., 1914. S. 266.

³ *W. Harkins*. *Journ. Am. Chem. Soc.*, 38, № 4, 1916; *Ego же*. *Philos. Mag.*, 42, L., 1921, p. 306 и сл.

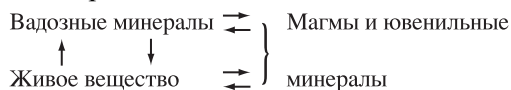
Я остановлюсь здесь на некоторых из этих явлений, оставив в стороне распределение в земной коре изотопов, изучаемое проф. У. Гаркинсом. В химии земной коры сказываются наиболее резко химические свойства химических элементов и для подавляющего количества наблюдаемых в ней явлений изотопы не различимы. Правда, имея в виду неограниченное время, находящееся в нашем распоряжении в тех случаях, когда мы рассматриваем химию планеты, можно ждать, что в ней могут проявляться различия изотопов, нашим лабораториям недоступные. Но, очевидно, общая картина, которой я только здесь и касаюсь, не будет определяться этими меньшими по размерам различиями между химическими элементами, а их различиями более грубыми, различиями химического характера.

2. Легко убедиться, что все элементы, отличающиеся атомными числами, до сих пор найденные в земной коре, могут быть распределены на группы на основании изучения *их истории в земной коре*.

Эти группы будут следующие:

1. *Группа циклических (биогенных) элементов*. Эта группа характеризуется тем, что входящие в нее элементы дают в земной коре соединения (минералы), которые при достаточном времени переходят друг в друга, в зависимости от различных термодинамических (и других) условий тех частей земной коры, в которых элемент находится. На земной поверхности, в биосфере, все эти элементы входят в состав живых организмов (живого вещества)¹. В конце концов – в достаточно длительное время, изойдя из какой-нибудь исходной формы нахождения, эти элементы, пройдя через ряд различных соединений, вернутся в ту же самую исходную форму.

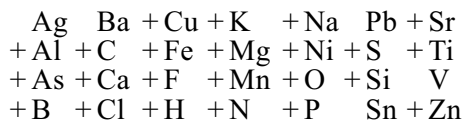
Их история выражается круговым процессом, циклом, давно уже отмеченным для некоторых из них, например, для С, S, N, P, O и т. д. В общем виде эти циклы могут быть выражены схемой:



В промежутке эти элементы проходят через минералы метаморфических областей земной коры (фреатические минералы).

Так как все реакции этих элементов обратимы и они постоянно возвращаются в исходное соединение², то реакция может идти только за счет посторонней, вносимой в циклический процесс энергии, с одной стороны, получаемой на земной поверхности, с другой – в области магматического состояния вещества земной коры.

Таковыми элементами, несомненно, являются 28 следующих химических элементов (т.е. 32,18% всех 87 сейчас известных)³.



¹ Поэтому эти элементы могут быть названы *биогенными элементами*.

² Для некоторых из них только наибольшее количество их масс проходит через такие циклы. Другая часть их массы дает явления рассеяния.

³ Крестиками обозначены элементы, находимые во всяком организме; остальные наблюдались лишь в некоторых их видах. Но все 28 найдены в живом веществе.

Эти элементы составляют по весу почти всю земную кору¹ – 99,56%. Кроме них, вероятно, сюда же относятся следующие 11 элементов²:

Be. Bi. Cd. Co. Cr. Hg. Mo. Sb. Se. Te. W.

Если мы прибавим эти 11 элементов, то получим 39 циклических элементов (45,98% всего их числа) и более 99,6% по весу земной коры. Среди них преобладают элементы с четным атомным числом. Они по весу составляют 86,4%.

II. *Группа благородных газов*. Относящиеся сюда химические элементы химически инертны и не участвуют в химических реакциях Земли. Это будут: Ar, He, Ne, Kr, Xe.

Они составляют 5,74% всех известных химических элементов и по весу $5 \cdot 10^{-40}$ % земной коры. Все принадлежат к элементам с четным атомным числом.

III. *Элементы редких земель* (атомные числа 57–72). Здесь известно 15 (из 16 возможных) химических элементов:

Ce. Hf. Dy. Er. Eu. Gd. Ho. La. Lu.
Nd. Pr. Sm. Tb. Tu. Yb.

Чрезвычайно характерно для этой группы отсутствие вадозных минералов, хотя минералы их – ювенильные и фреатические – относительно легко на земной поверхности разрушаются. Они, по крайней мере некоторые (Ce), входят в состав живого вещества, но их роль в нем и их нахождение не изучены. Для некоторых, а может быть для всех, характерно рассеяние в земной коре, т.е. переход в необратимую форму нахождения. Эта группа элементов и в смысле своего нахождения в земной коре, как во многих других своих свойствах, составляет загадку, настойчиво требующую разрешения. Едва ли можно сомневаться, что они образуют одну группу. Они составляют 17,24% всех известных элементов и по весу $n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-3}$ % земной коры.

IV. *Сильно радиоактивные элементы* (атомные числа 82–92). Эта группа 7 химических элементов, генетически связанная с U или Th, с течением времени неизбежно разрушается, переходя в новые тела, давая He (II группа) или Pb (I группа), причем обратимые циклические химические реакции не являются для них характерными и не захватывают всей их массы. Сюда относятся химические элементы:

Ac. Rn. Ra. Pa. Po. Th. U,

составляющие 8,04% всех известных. Для U и Th в промежуточное время наблюдаются циклические процессы, не очень резко выраженные. Эти элементы, вместе взятые, составляют по весу $n \cdot 10^{-40}$ % земной коры, может быть, $n \cdot 10^{-30}$ %, где n близко к единице.

V. *Элементы, инертные в биосфере*. Небольшая редкая группа 7 химических элементов

Au. Ir. Os. Pd. Pt. Rh. Ru

¹ Как здесь, так и всюду, я беру лишь ее верхние 16 км. Для определения весовых соотношений я пользуюсь данными Ф. Кларка (*Clarke F. Data of geochem.*, 4-th ed., W., 1920, p. 35), измененными на основании новых данных или исчислений. См. *Вернадский В.* Опыт опис. минералогии, I, II, 1914; *Его же.* История минералов земной коры.

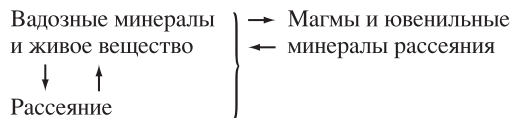
² Подчеркнутые встречаются в организмах.

не дает на земной поверхности – в биосфере – вадозных минералов, и для нее характерно нахождение в чистом виде или в сплавах. Не исключена возможность для них явлений рассеяния, но эти явления не доказаны. Они составляют 8,04% всех известных элементов и едва ли много больше $n \cdot 10^{-6}\%$ по весу земной коры.

VI. Последняя¹ группа 10 химических элементов – *элементы рассеяния*:

Br. Cs. Ga. In. J. Li. Rb. Sc. Tl. Y.

Для всех этих элементов чрезвычайно характерна резко выраженная малая способность в земной коре давать молекулы и, следовательно, соединения. В то же время их атомы проникают всю земную материю. По-видимому, некоторая часть их массы в определенных термодинамических областях земной коры дает соединения (или входит в состав живого вещества), но и в этих областях остальная – большая – часть их массы находится в рассеянном состоянии (в форме свободных атомов), проникая как мертвую, так и живую земную материю. Характер их циклов выражается следующей схемой:



Часть их вещества, находящаяся в земной коре в форме рассеяния, выходит из циклического процесса, приближаясь в этом отношении к свойствам благородных газов. Любопытно, что с этой точки зрения эти элементы распадаются на две группы:

1-я группа. Элементы не дают вадозных минералов и соединений в живом веществе:

Cs. Ga. In. Li. Rb. Sc. Tl. Y.

Для них известны *только* фреатические и ювенильные минералы.

2-я группа. Элементы не дают фреатических или ювенильных минералов. Все их минералы вадозные, и в организмах они дают соединения, в них концентрируются:

Br. J.

Эти элементы составляют 11,61% всех известных и по весу не менее $n \cdot 10^{-1}\%$ земной коры. *Все без исключения принадлежат к элементам с нечетными атомными числами.*

3. Рассматривая историю всех элементов земной коры, мы видим, что они в себе самих или в своих свойствах заключают ту энергию, которая необходима для поддержания всех связанных с ними химических процессов земной коры.

Эти процессы, выражающиеся в передвижении и перегруппировке в земной коре циклических химических элементов (99,6% всей ее массы), производятся с одной стороны *энергией Солнца*, собираемой в живом веществе, через которое постоянно и непрерывно проходит некоторая часть цикличе-

¹ Четыре элемента – Ge. Nb. Ta. Zr – изучены настолько плохо, что мы пока не можем их поместить ни в одну из этих групп. Должно быть, Ge попадет в VI группу. Они составляют 4,59% всех известных элементов и $n \cdot 10^{-2}\%$ по весу земной коры.

ских элементов, находящихся в биосфере. Масса атомов этих элементов, участвующих в энергетическом механизме биосферы – живом веществе, очень незначительна и может быть нами учтена лишь очень приблизительно. Она, вероятно, порядка $n \cdot 10^{-20}$ % веса земной коры, может быть, $n \cdot 10^{-10}$ %.

Образовавшись на земной поверхности благодаря солнечной энергии, усвоенной живым веществом (автотрофным, хлорофильным организмом), природные соединения циклических элементов (минералы), попадая, благодаря геологическим процессам, в другие термодинамические оболочки земной коры, в конце концов доходят до слоев земной коры (начиная с 3–4 км от земной поверхности и глубже), обладающих своей энергией – тепловой, – независимой от Солнца. Как известно, эта энергия совершенно объясняется тем количеством сильно радиоактивных элементов, какие известны в земной коре, – в частности в массивных породах, – и приводит все соединения земной коры в расплавленное состояние. Эта атомная энергия создается $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-40}$ % массы земных атомов.

Таким образом, весь химический механизм земной коры поддерживается относительно небольшим количеством составляющих ее атомов, входящих в живое вещество или сильно радиоактивных, в общей массе не превышающих $n \cdot 10^{-10}$ % веса земной коры.

Пока будет 1) доходить до Земли энергия Солнца ныне наблюдаемого порядка и будут создаваться – в связи с этим – благоприятные термодинамические условия существования на нашей планете жизни и 2) пока не уменьшится заметным образом количество в земной коре сильно радиоактивных элементов, химия земной коры будет неизменно той же самой, какую мы сейчас изучаем. Земная кора является механизмом, теснейшим образом связанным с характером входящих в нее атомов.

II

До сих пор мы не отходили от эмпирических фактов и не вводили в наше рассуждение никаких гипотез.

Но углубление в эти явления неизбежно наводит на некоторые соображения, которые кажутся мне не только тесно логически связанными с эмпирическими данными, но и исходящими из их совокупности. Этим оправдываются попытки проникнуть с помощью их в ту огромную область нового, которая сейчас тесно связана с выяснившейся зависимостью химического состава земной коры от атомного строения составляющих ее атомов.

Резкое преобладание в земной коре атомов химических элементов с четными атомными числами объясняется сейчас их большей долговечностью. По-видимому, этот вывод кажется логически неизбежным¹.

Возможно, однако, другое его объяснение, отнюдь не связанное с большей продолжительностью существования атомов с четными положительными зарядами ядра, чему, мне кажется, не отвечают факты.

Указания на такую возможность дает нам *рассеяние элементов*. На эту их форму нахождения не обращают достаточного внимания, хотя роль их в земной коре огромна.

¹ Кроме Гаркинса (1. е., 1921), тот же логический вывод делает, например, Л. Мейтнер (L. Meitner. Festschrift d. Kais. Wilhelm Ges. B., 1921, S. 161).

Под *рассеянием элемента* мы будем подразумевать те формы их нахождения, которые открываются спектроскопическим, радиохимическим, электрическим путем или явлениями люминесценции. Для объяснения такого нахождения элемента приходится допускать существование его в форме атомов, иногда обладающих зарядами; эти атомы не объединены в молекулы, по крайней мере в значительных количествах, и не связаны с атомами других элементов. В природе распад элементов на атомы происходит различным путем – радиоактивным распадом, растворением, испарением, диффузией растворенных молекул, прохождением в ничтожных количествах в живую материю, диффузией газов и т.п. Элементы, находящиеся в таком состоянии, должны обладать другими свойствами, чем совокупности их атомов, а тем более молекул. К таким состояниям химических элементов не применимы наши обычные представления о газообразном, жидком или твердом состоянии материи¹. Это представления, основанные на статистических законах совокупностей атомов, здесь же мы имеем дело с отдельными атомами. Как верно указал, уже много десятилетий назад Кл. Максвелл и как это подтвердилось ходом научной работы в области атомной физики и атомной химии последних десятилетий, нельзя на отдельный атом переносить законности, выведенные из изучения их совокупностей. Атомы обладают такой подвижностью, какой не обладают их совокупности. Они *рассеиваются* и могут не удерживаться массами вещества, состоящими из молекул и их совокупностей.

Проявление такой способности атомов должно быть очень резко выражено во всех тех явлениях космической, и в частности планетной химии, где в долгие промежутки времени накапливаются медленные и ничтожные – взятые единично – процессы. Ими, может быть, обуславливается и наблюдаемый состав земной коры и метеоритов с преобладанием элементов с четными атомными числами.

Мы видим, что VI группа химических элементов, для которой характерны явления рассеяния, вся нацело – 100% – составлена из элементов с нечетными атомными числами. Можно убедиться, что вообще *свойство рассеивания характерно для элементов с нечетными атомными числами*.

Нам известен сейчас 41 элемент с нечетными атомными числами. Из них отмечены явления рассеяния для Ac, Ag, As, Au, B, Bi, Br, Cl, Cs, Eu, № 61, Ga, H, Ho, In, J, K, La, Li, Lu, Mn, N, Na, Pa, Pr, Rb, Sc, Tb, Tl, Tu, V и Y, т.е. для 32 элементов, или 78,05% *всех таких элементов*.

Элементов с четными атомными числами нам известно 46, из них рассеяние констатировано для Ag, C, Ce, Hf, Dy, Er, Gd, He, Kr, Nd, Ne, Rn, Pb, Po, Ra, Sm, Th, U, Xe, Zn, Yb, т.е. для 21 элемента, или 45,65 % *всех таких элементов*.

Но рассеяние элементов вызывается разными источниками. Если мы выделим из этих списков элементы II–IV групп, для которых рассеивание вызывается или свойствами инертных газов, или радиоактивным распадом, или неизвестной нам причиной (для элементов редких земель), то окажется, что

¹ Для отличия такого состояния химических элементов от обычных растворов или изоморфных семей я в 1909 г. предложил название их нахождения как микрокосмических смесей. См. «Парагенезис химических элементов в земной коре».

рассеяние наблюдается для 22 из 31 элемента с нечетными атомными числами (70,97%) и для 2 из 27 элементов с четными атомными числами (7,4%). Едва ли эта разница может объясняться неполнотой нашего знания.

Оставляя пока в стороне возможную причину этого явления, отметим, что она в течение достаточного времени будет проявляться в составе природных средин – земной коры или метеоритов – так, что *большая часть атомов с нечетными атомными числами* (т.е. нечетными положительными зарядами ядра) *уйдет из них в окружающее пространство*.

Мы получим наблюдаемый состав природных тел даже при относительно одинаковой продолжительности существования атомов с четными и нечетными зарядами ядра.

О РАССЕЯНИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

(Речь, читанная на торжественном годовом собрании 2 февраля 1927 г.)

Отчет о деятельности Академии Наук СССР за 1926 г.
Ленинград, 1927, с. 1–15.

Новая отрасль знания, корни которой, правда, идут глубоко в XVII в., геохимия находится сейчас в резко наблюдаемом интенсивном росте и созидании.

В ушедшем году два исследователя – В. Гольдшмидт в Христиании¹, а в «*Beiträge zur Geophysik*», и Дюран в Париже, в «*Bulletin de la Société Chimique de France*», коснулись задач геохимии в общей форме, – я могу только указать на их статьи, не следуя по их пути.

Мне кажется, сейчас два вопроса особенно должны быть выдвинуты: с одной стороны, вопросы биогеохимические, а с другой – вопросы, связанные с давно известным явлением, с той формой нахождения химических элементов, на которую я пытался обратить внимание еще 16 лет назад, на Съезде русских естествоиспытателей и врачей в Москве, в декабре 1909 г., и для которой я предложил тогда название рассеяние элементов.

Как вопросы влияния жизни в геохимических процессах, так и вопросы рассеяния элементов имеют одну общую черту, которую нельзя оставлять без внимания. Они неизбежно вводят все обсуждаемые явления в рамки энергетического рассмотрения, в рамки энергетики нашей планеты, точнее – земной коры.

Я столько раз в разнообразных своих статьях касался вопросов биогеохимических в последний год, а недавно в общей форме – в книжке о биосфере, что буду их возможно меньше касаться сегодня. Я остановлюсь только на некоторых явлениях рассеяния.

Но и по отношению к ним мне необходимо предварительно подойти к тому, столь часто забываемому особому рассмотрению геологических проблем, которое отвечает *энергетике земной коры*.

Энергетика земной коры, взятая в целом, можно сказать, не существует. Энергетика земной коры должна дать баланс – точный количественный учет

¹ Теперь Осло.

притока и расхода энергии (лучше всего выраженный в калориях), поддерживающей и направляющей механизм земной коры, может быть, даже механизм планеты.

Это энергетическое рассмотрение существования нашей планеты в данную минуту и в ходе времени не только должно позволить точнее выяснить механизм ее земной коры и ее геологических процессов, оно неизбежно должно привести к открытию новых явлений.

Но здесь наши знания сейчас чрезвычайно недостаточны.

В сущности они, может быть, больше, чем это нам сейчас кажется. Вопрос об энергетике земной коры не ставился потому, что психологическая обстановка работы геолога и минералога – их представления о термическом режиме Земли – не давала ему места.

Лишь изредка проскальзывают в геологической и минералогической литературе количественные данные, связанные с энергетическим учетом явления.

Может быть, это связано с ходом развития научной мысли последних десятилетий, с любопытным изменением оценки энергетики, которое не отвечает окружающей нас реальности, но которое, очевидно, имеет глубокие корни в человеческой природе.

В конце прошлого века мы переживали охват всего научного понимания природы энергетическим мирозерцанием. Он одновременно совпал со стремлением дать динамическое представление об окружающем, – и такое динамическое представление превосходно, казалось, совпадало с термодинамической картиной мира.

Многим – я бы сказал, подавляющему большинству натуралистов – тогда казалось, что мы подошли к цельному мировоззрению и что наш разум позволял нам дать не модель мира, а реальное о нем полное представление. Ньютоново притяжение и законы термодинамики для этого казались прочным фундаментом.

Мы знаем, что движение мысли пошло не тем путем, каким, казалось, оно должно было идти по выводам нашей логики.

И в связи с этим сейчас наблюдается попытка, глубоко ошибочная по существу, заменить энергетические представления чем-то другим, обойтись без них.

Я говорю глубоко ошибочная потому, что в основе энергетических представлений нет гипотез; это эмпирическое непреложное обобщение. Оно отвечает, следовательно, по существу основному элементу мысли и знания естествоиспытателя. Энергетическая основа явлений не захватывается нацело, может быть, термодинамическим ее выражением, но законы термодинамики в пределах их посылок – незыблемы, так же как незыблем – в пределах определенных явлений – закон постоянства вещества.

Сейчас энергетическое понимание мира вышло из рамок чисто научных интересов. Оно захватило жизнь цивилизованного человечества и все глубже в нее входит.

В связи с этим энергетический учет явлений входит в цикл геологических и минералогических наук извне, вне каких бы то ни было геологических представлений. Он идет из жизни. Происходит учет силы, учет производи-

тельных сил стран и народов: он может и должен быть выражен в единой мерке – в наших единицах физических явлений.

Проще всего выразить его в калориях.

Из жизни, из учета инженеров проникает и в среду геологов учет так называемой мировой энергии, т.е. энергии земной поверхности. Для нас этот энергетический учет в значительной мере есть учет результатов геологических процессов – создания горючих масс – живых и отмерших, миграций элементов воды, свободного кислорода и т.д. Мы еще недостаточно пользуемся этими выводами, которые могут и должны привести к термодинамике коры выветривания и гидросферы – биосферы в частности, как они приводят уже к термодинамике атмосферы. В частности, этот вопрос стоит на очереди по отношению к современным вулканическим явлениям.

Перейти к этой неизбежной работе, мне кажется, нам сейчас мешает в геологии одно великое научное заблуждение, конец которого виден и которое сейчас изживается.

В обычном представлении геологов термический режим нашей планеты представляется так: с одной стороны, она получает энергию Солнца, космическую; с другой стороны, она обладает извечным огромным запасом энергии, постепенно медленно теряемым, связанным с эпохой образования планеты. Это образование представляли различным образом; господствующим являлось представление о расплавленной массе нашей планеты, медленно застывавшей с поверхности. Основные геологические явления вызывались – в представлениях геологов – этой внутренней космической энергией планеты: трансгрессии моря, геосинклинали, образование горных цепей, сдвиги, складки, сбросы, вулканические излияния...

Очевидно, не было никаких путей для учета всего запаса этой космической энергии Земли. Геологи давно уже пришли к заключению, что, вызванные будто бы ею, все – основные для них и для нас в геохимии – процессы, выражаясь образно, только царапины на земной поверхности. Очевидно, при таком соотношении энергия этих процессов ничтожна по сравнению с энергией целой раскаленной или расплавленной планеты. Казалось, источник энергии, за счет которых они шли, неисчерпаем, и учет его для научной текущей работы не нужен.

Изучение геохимических процессов земной коры стоит в резком и коренном противоречии с таким представлением.

Стоя на эмпирической почве, не делая никаких гипотетических предположений, исследование миграции всех химических элементов с ходом времени указывает, что огромная масса этих элементов находится в вечно возвращающихся в свое исходное состояние циклах; лишь относительно малая часть атомов временно выходит из этих обычных циклов и, очевидно, принадлежит к другим, более медленным, но циклическим же процессам.

В своих лекциях в Сорбонне и в части их, напечатанной два года назад в моей «Геохимии», я остановился на них и старался выяснить ту энергию, за счет которой они идут, выяснить чисто эмпирически, без всяких предположений. Очевидно, такие повторяемые циклы миграций элементов не могут идти сами по себе; их движение есть определенная *работа*, и она – при их непрерывном возобновлении – неизбежно должна быть проявлением какой-то энергии.

Таких форм энергии можно было заметить при изучении этих миграций – две.

Во-первых, энергия поверхностная, сводимая в своей единственно сейчас учитываемой и проявляющейся в наблюдаемых явлениях части – к лучистой энергии Солнца. В ней можно различить: 1) энергию ультрафиолетовых лучей, 2) энергию тепловых лучей и 3) энергию световых лучей. Эта последняя, через посредство живого вещества, имеет самое основное значение в миграциях элементов, а следовательно, во всех минералогических и петрографических процессах, нами научно охватываемых. Она может быть учтена, может быть точно выражена в калориях. Я не говорю, что мы сейчас можем это сделать, – для этого у нас нет пока данных, но это научная задача вполне разрешимая, и к ней надо идти. Мы знаем годовой предельный приток ее в виде достигающей биосферы солнечной энергии – по-видимому, константе, неизменной в геологическое время. Энергия живого вещества, связанная с миграцией химических элементов, с созданием всех минералов, образованных на земной поверхности, в биосфере, так называемых вадозных, является – в своей основной части – той формой химической энергии жизни, которую я назвал *геохимической энергией жизни*. Она может быть точно вычислена: 1) в своем годовом обороте и 2) в тех формах ее скоплений, которые проникают в земную кору. Ее скоплениями, ее потенциальной формой являются не одни остатки организмов – каменные угли или нефти. Ими являются, в сущности, все вадозные минералы, в частности, например, известняки, в значительной части – глины.

Учет геохимической энергии жизни является сейчас одной из самых очерченных задач геохимии.

Углубляясь в изучение живых организмов как факторов миграции элементов, можно убедиться, – на чем я здесь не имею возможности останавливаться, – что в них и в миграции элементов входит и другая форма энергии, совершенно иная по своему происхождению по сравнению с лучистой энергией Солнца.

Это *энергия атомная*, которая, несомненно, связана, с одной стороны, с радиоактивным распадом элементов и, с другой стороны, *возможно* – здесь уже область гипотезы, – связана вообще с рассеянием химических элементов в земном веществе...

Для того, чтобы ясно понять это явление, остановимся на своеобразном характере окружающего нас *земного вещества*.

Какой бы объем земного вещества мы ни взяли – газообразный, жидкий или твердый, мы во всех случаях встретим одну и ту же особенность: мы увидим, что земное вещество, помимо всех нам известных химических соединений – определенных и неопределенных, проникнуто всегда огромным количеством атомов, не подчиняющихся тем молекулярным группировкам, какие мы для них можем различить. Возможно, что часть этих атомов будет позже сведена к молекулярным группировкам, т.е. окажется механической подмесью, часть окажется входящей в кристаллы, захватывается их внутренним строением, так называемыми пространственными решетками, входит в изоморфные смеси, но многочисленны случаи, когда эти элементы, несомненно, находятся в виде отдельных атомов. Это может считаться доказанным для большинства находений радиоактивных элементов, для иода, для бла-

городных газов, и, обобщая это явление, мы допустим, что оно будет верным для всех элементов, по крайней мере в их крайних, достижимых в природе состояниях рассеяния.

По-видимому, такие рассеяния имеют пределы – различные для каждого элемента. Но едва ли есть объем земной материи, в котором мы не нашли бы с несомненностью существования в нем нескольких десятков химических элементов.

Существование таких элементов проявляется в наших анализах обнаружением их следов, обычно близких к границам точности анализов. Мы сейчас можем говорить о следах обычно от 10^{-3} до $10^{-14}\%$ – вероятно, и дальше. Можно говорить, конечно, о таком же состоянии и в больших количествах, например, для аргона, для иода и т.д. ($6 \cdot 10^{-1}$ – $10^{-20}\%$).

Их нахождение в земной материи не есть случайность. Случая нет в окружающей нас природе, где мы видим, наоборот, нерушимый строй, порядок.

Изучение этих следов – этих рассеяний – есть одна из основных наших задач в геохимии.

Возьмем несколько примеров. Возьмем газ, воздух. Для нас очевидно – мы к этому привыкли, – что газ, попавший в другой газ, распространяется в нем до конца, т.е. в каждом месте газовой смеси будут найдены атомы – или молекулы – всех газов смеси, поскольку это позволяет их количество. Я оставляю неисследованным вопрос о возможном распадении молекул на атомы или потерю атомами электронов при чрезвычайном их рассеянии.

В воздухе мы имеем сейчас точно установленный случай чрезвычайного рассеяния. В каждом кубическом сантиметре воздуха вблизи земной поверхности находится приблизительно один атом радона – радиевой эманации. Очевидно, в воздухе можно выделить свободное от радона пространство, но оно будет меньше кубического сантиметра. Для того, чтобы видеть, что значит такое рассеяние, я возьму другой, не радиоактивный, но благородный газ, самый редкий в воздухе, – ксенон. Ксенон газ одноатомный. Количество его в воздухе достигает $4 \cdot 10^{-5}\%$ по весу (четыре стотысячных процента) воздуха. Это будет значить, что в одном кубическом сантиметре воздуха будет находиться количество атомов ксенона порядка миллиарда атомов, т.е. свободным от атомов ксенона будет ничтожный объем воздуха, много меньше одного кубического микрона.

То же явление, какое дает нам воздух, дает нам и каждая жидкость на земной поверхности. Это выявляет анализ всякой природной воды, например, морской воды. В ней рассеяны, по крайней мере, 40 – может быть, 50 – разных элементов. Они могут быть найдены в каждой ее капле. Так, мы знаем, что в морской воде есть марганец в количествах порядка меньше $10^{-7}\%$ (десятиллионная доля процента). Это число кажется нам ничтожным. Мы знаем, однако, что оно производит в биосфере огромный эффект: именно эти «следы» создают – с помощью геохимической энергии жизни – такие отложения марганцевых руд, какими являются, например, руды Закавказья – в Чиа-тури. В них содержатся миллионы тонн металла. $10^{-7}\%$ отвечает нахождению 10^{13} (десяткам триллионов) атомов марганца в кубическом сантиметре: ничтожны объемы морской воды, где они не будут встречены – меньше не только кубического микрона, но и его тысячных долей.

То же мы имеем и для всякой твердой земной породы и для каждого твердого минерала без исключения. В последнее время вышли работы Фелленберга и его сотрудников, подтвердившие старые наблюдения Шатена над рассеянием иода. Наименьшее количество иода найдено в прозрачных кальцитах. Это $5 \cdot 10^{-6}\%$ (пять миллионных процента по весу); оно указывает, что в одном кубическом сантиметре кальцита находится количество атомов иода порядка 10^{14} (сотни триллионов). В каждой извести, выделенной из любого минерала, представляющей нам химически чистой, содержится, по Ленарду и Клатту, считая на кальций, 10^{-4} – $10^{-5}\%$ марганца (десятитысячные и стотысячные доли процента); это будет значить, что в одном кубическом сантиметре кальцита находится количество атомов марганца порядка 10^{15} – 10^{16} (квадриллионы и десятки квадриллионов).

С точки зрения обычного нашего анализа эти тела кажутся нам химически чистыми и однородными. В лаборатории мы можем их получать действительно в таком виде, – но с какими усилиями и с каким трудом! В природе их нет. Самый чистый кальцит или горный хрусталь всегда проникнут рассеянными атомами. В кальците всегда есть, по крайней мере, J, Cu, Zn, Mn, U, Th, Ra, Rn и т.п. И атомов этих элементов в нем миллионы миллионов.

Мы видим, следовательно, что земная материя имеет совсем не тот вид, в каком она рисуется из обычных нам представлений, связанных с химическими формулами, которыми мы мыслим.

За учитываемыми нами молекулами или пространственными решетками атомов (т.е. кристаллами) – вне их – находятся еще мириады свободных, движущихся атомов, которые в наших анализах сказываются ничтожными дробями весовых процентов.

Во всех наших представлениях мы должны вносить поправку на этот особый мир атомов. Чтобы иметь понятие о явлении, которое здесь наблюдается, полезно вспомнить некоторые свойства газов. Мы знаем, что их строение характеризуется числом Лошмидта, которое указывает, что для всех газов при 0° и 760 мм в одном кубическом сантиметре будет заключаться $2,706 \cdot 10^{19}$ их неделимых молекул или атомов (одноатомных молекул) – двадцать семь квинтиллионов атомов. Для твердых решеток, т.е. кристаллов, это число может быть больше, так как в газовой среде поле молекулы (или атома) имеет измерение порядка 10^{-7} , т.е. десятиллионных долей сантиметра, его площадь будет порядка десятиквадриллионных частей квадратного сантиметра, а в кристалле поле атома имеет измерение порядка стомиллионных долей сантиметра, т.е. площадь его поля отвечает порядку десятиквинтиллионных долей квадратного сантиметра.

Мы здесь на пределе величин материи.

Рассеяния в газовой среде дают ничтожные части Лошмидтова числа – для радона в 10^{19} (десятиквинтиллионные) раз меньше, для ксенона в 10^{10} (десятиллионные) раз меньше.

Очевидно, если вся материя проникнута такими рассеянными атомами, свойства которых – неизбежно для нас думать – близки к свойствам газов, очевидно, она ни в каком случае не будет являться инертной косной массой, и проникающие их атомы, не соединенные в молекулярные или кристаллические структуры, не будут находиться в земной материи в неподвижном состоянии.

Для понимания геохимических процессов это явление имеет тем большее значение, что есть элементы, для которых подавляющее количество их атомов находится в таком состоянии рассеяния. Это, во-первых, элементы рассеяния – литий, иод, бром, галлий, индий, скандий, иттрий, цезий и рубидий, во-вторых, радиоактивные элементы. Значительная часть атомов циклических элементов и элементов редких земель также скопляется в этой же форме нахождения.

С энергетической точки зрения необходимо заметить, что в земной коре мы всюду наблюдаем установившиеся равновесия, связанные с тем, что свободная энергия химических тел – атомов, молекул, соединений – будет при данных условиях наименьшей возможной. Система равновесия достигается тогда, когда вся свободная энергия – способная производить работу – по возможности использована. Следовательно, для элементов рассеяния, каковы Li, c, Ga, J, In, Br, Cs, Rb, надо думать, в сложных условиях земной среды устойчивым будет их нахождение в виде свободных атомов.

Если это так, то в среднем в одном кубическом сантиметре земного вещества должно заключаться следующее количество свободных атомов этих тел:

Li	10^{19}
Br	10^{18}
Rb	10^{18}
Y, J, Cs	10^{17}
In, Ga, Sc	10^{13}

Несомненно, для Y, Li, Rb, Cs, может быть, In и Ga эти числа рассеянных атомов должны быть уменьшены, так как они улавливаются кристаллическими решетками в изоморфных смесях. Этого мы не видим для брома и иода, где количество образуемых ими молекул и кристаллов ничтожно.

Эти же соображения целиком могут быть перенесены на радиоактивные элементы. Для нас ясно, что их рассеянное состояние должно отвечать устойчивому равновесию земной коры, так как атомы их, соединенные вместе, выделяющие все время тепловую энергию, должны в тем большей степени нарушать равновесие – повышать температуру, чем больше их собирается вместе. Свободная энергия системы будет наименьшая при их рассеянии.

При таком их состоянии, если бы все их атомы были в этой форме, в одном кубическом сантиметре земного вещества должно было бы заключаться атомов:

K	10^{21}
Rb	10^{18}
Th, U	10^{17}
Ra	10^{10}

В действительности мы знаем, что атомы калия, тепловой эффект которых наименьший, входят в многочисленные соединения, и рассеянное состояние для них не является столь характерным, как для тория, урана или радия. Для радия соединения вообще неизвестны, и все его атомы находятся в состоянии рассеяния. Большая часть атомов тория, урана и рубидия находится в том же состоянии.

Можно, таким образом, сказать, что в земном веществе, в его материи, всегда, помимо соединений, находится огромное, невообразимое количество атомов – миллионы миллионов – в кубическом сантиметре, причем некоторые из них могут находиться в распаде и выделять при этом тепловую энергию – производить работу.

Количество таких могущих распадаться атомов, конечно, меньше того, которое наблюдается в форме молекул или дает кристаллы. Но оно отнюдь не представляет пренебрегаемую величину. Оно, по-видимому, может подходить к 10^{21} в кубическом сантиметре и во всяком случае быть близким к 10^{19} , т.е. к Лошмидтову числу – к десяткам квинтиллионов неделимых в кубическом сантиметре.

Кажется невероятным, чтобы такое количество атомов могло разместиться в одном кубическом сантиметре, заполненном до конца газом или химическим соединением. Очевидно, здесь должны существовать какие-то нам неизвестные явления.

Конечно, возможно, что часть этих атомов так или иначе попадает в молекулы или кристаллы, стойкие атомные системы, непрерывно заполняющие пространство. Но это недопустимо для всех них, так как они в подавляющем большинстве стоят вне химических свойств этих атомных группировок.

Они должны найти место в заполненном до предела атомными системами пространстве. Это, вероятно, определяет их количество. Но это же указывает, что они должны находиться в особом состоянии.

Невольно мысль направляется и к другому явлению, открываемому не в мире атомов, а в мире величайших тел Космоса. Мы знаем, что эти миры постоянно сталкиваются сейчас в представлениях нашего разума. Мы их неизбежно и постоянно сравниваем.

Недавно Эддингтон открыл поразительную и странную, нам непонятную, но вполне допустимую для наших современных атомных представлений, картину материи некоторых звезд, например, спутника (B) Сириуса.

Материя эта чрезвычайно тяжелая. Один кубический сантиметр воды весит один грамм. Масса, сосредоточенная в одном кубическом сантиметре самого тяжелого земного вещества – иридия, в 22 раза тяжелее воды. В спутнике Сириуса масса кубического сантиметра в среднем в 53 000 раз тяжелее воды.

Как представить себе такую массу? Можно это сделать, если допустить изменение атомов, ее составляющих. Если атомы потеряют все электроны и будут состоять только из ядер – протонов, они могут дать газы, кубический сантиметр которых будет в десятки тысяч раз тяжелее кубического сантиметра воды. Может быть, они могут и не потерять электроны, но электроны приблизятся к протону.

Атом наших представлений не есть старый атом эллинов или мыслителей Востока. Это подвижная система, в которой и протоны и электроны занимают ничтожную часть пространства. Размеры и строение этого пространства – поля атома – могут чрезвычайно меняться...

Не видим ли мы в атомах рассеяния земной материи состояния, аналогичные открытым новым их проявлениям в Космосе?

Как бы то ни было, факт остается незыблемым. В каждом кубическом сантиметре земной материи, всюду без исключения, сосредоточены превышающие наше воображение числа атомов, находящихся в распаде, выделяющих неустанно энергию.

Эта энергия может быть сейчас учтена и вычислена. При точном и полном исследовании радиоактивности и химического состава горных пород она может быть учтена для всей земной коры.

При этом оказывается, что она достаточна, даже, как будто, находится в избытке, для объяснения всех без исключения геологических явлений.

Никакому другому источнику энергии не остается места. При этом наблюдается замечательное распределение этих распадающихся атомов. Они сосредоточены в большем числе в кислых породах, – число их быстро падает в основных породах; другими словами, их число в кубическом сантиметре быстро падает с глубиной от земной поверхности.

Нельзя забывать этого замечательного строения земной материи.

За последние два года вышел ряд очень важных работ, на которые я могу здесь только обратить внимание. Джоли сперва, а затем Холмс, приняв во внимание новые определения радиоактивных элементов в горных породах, распространение в земной коре основных и кислых пород, явления изостазиса, попробовали вычислить последствия такого распределения рассеянных разлагающихся атомов – центров свободной энергии – в земном веществе.

Одним из следствий его явилась необходимость допустить отсутствие термического процесса в нашей планете, идущего в одном, как это думали, направлении, – отсутствие ее постоянного нагревания или ее постоянного охлаждения. Должны наблюдаться чередующиеся периоды усиления и ослабления горообразовательных процессов, повторяющиеся неизменно в течение всего геологического времени.

Геологическая история Земли, связанная с орогеническими процессами, не есть процесс медленного замирания планеты, медленный переход ее в состояние устойчивого равновесия.

В веществе планеты, с одной стороны, и в притоке солнечной энергии, с другой стороны, есть постоянно идущий привнес свободной энергии. Он создает на Земле механизм, основные черты которого только что открываются.

При таком подходе вопрос о тщательном определении энергетики земной коры приобретает для науки первостепенное значение. На его учет – вполне возможный – должны быть направлены все усилия. Надо точно определить геохимическую энергию жизни, с одной стороны, и распространение радиоактивных элементов – с другой, в том числе калия и рубидия.

Что дадут эти исследования, никто не знает, но ясно, что они дадут новое и важное.

Открывается новое, широкое, безмерное поле работы.

ГЕОХИМИЯ МАРГАНЦА В СВЯЗИ С УЧЕНИЕМ О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

(Доклад на конференции, апрель 1935 г.)

«Труды Конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия»,
Л.– М., Изд-во АН СССР, 1937, с. 229–246.

1. В конце 1934 г. я дал в своих «Очерках геохимии», во втором русском издании, общий очерк геохимии марганца, хотя и краткий. Я старался дать обзор наших знаний, отвечающий научному уровню дня.

Я не буду повторять здесь выводов, к которым пришел в своей книге, но хочу подойти к геохимии марганца с другой точки зрения, оставленной мной в стороне, – с точки зрения учения о полезных ископаемых.

Для этого необходимо точнее выяснить геохимию марганца в *биосфере*, где идет рудная работа человечества, и обратить основное внимание на концентрацию в ней марганца, чего я не касался в своей геохимии. На первое место выступает при этом не его концентрация в атомном аспекте, а в аспекте *весовом*. Важны передвижения атомов марганца, выражающиеся в массовых его скоплениях.

2. Рудная деятельность человечества является одним из больших биогеохимических процессов современной геологической эпохи и вносит новое в геохимию всех химических элементов.

Она должна рассматриваться на фоне биогеохимии как частное проявление влияния жизни на миграции химических элементов.

В таком аспекте важно обращать внимание не только на сгущение атомов какого-нибудь элемента в биосфере, но и на его *разжижение*, на его недостаток.

То и другое не проходит для жизни бесследно и отражается различным образом на разных организмах.

В учении о полезных ископаемых мы имеем дело с чрезвычайными, максимальными сгущениями химических элементов в биосфере. Но их нельзя рассматривать отдельно от областей, обедненных данным элементом. Это разные проявления одного и того же процесса – миграции химических элементов в биосфере.

В геохимии концентрация химических элементов может пока рассматриваться только на фоне общей распространенности химических элементов земной коры, причем для явлений, связанных с рудным делом, нас должна интересовать самая верхняя часть земной коры, биосфера.

I. Кларки концентрации и их проявление в геохимии марганца

3. К сожалению, наши количественные представления о химическом составе *биосферы* сейчас отсутствуют. Мы можем пока только опираться на химический состав *земной коры* в 16 км мощностью, самое меньшее. Так как в рудном деле мы не выходим еще за пределы области жизни, биосферы, хотя все время стремимся это сделать, и так как на глубину в среднем около 16 км (по-видимому, глубже) материальное былое влияние жизни проявляется на каждом шагу, в нашей научной работе можно исходить из кларка земной коры (до глубины 16 км).

Конечно, для всех дальнейших, более точных рассуждений было бы важно знать состав не этой коры, но атомный и весовой состав биосферы. Это задача разрешимая, но не разрешенная. Ее разрешение уточнит наше понимание окружающего, однако не отбросит необходимости точного знания материальной области былой жизни, былых биосфер, которую в сущности дает таблица Кларка.

Сейчас выясняется граница биосферы более точно, чем это было несколько лет назад. Верхняя ее граница в стратосфере обуславливается полным от-

сутствием в последней воды. Нижняя охватывает область осадочных пород, стратисферу, область анаэробной жизни, *анаэробного выветривания*. Здесь, по-видимому, предел жизни ставится температурой – невозможностью существования жидкой воды. Я предлагаю сейчас¹ признать 3,8 км – среднюю мощность гидросферы – за среднюю мощность всей биосферы. В таком случае биосфера будет охватывать просторы планеты от 20 км выше уровня геоида и до 3,8 км ниже уровня геоида.

4. Состав биосферы будет отличаться от состава земной коры до глубины в 16 км, он будет отличаться и для Mn; в ней относительное количество его должно быть больше. Но пока эта ясная по теме работа не сделана, можно в первом приближении пользоваться числами для коры в 16 км.

Я буду как меру концентрации брать, по удачному предложению А.Е. Ферсмана, определяющий этот состав постоянный, характерный, различный для всякого элемента его *кларк*, в данном случае весовой кларк марганца, так как нас интересуют здесь сейчас массы используемых человеком марганцевых природных соединений².

Кларк выражает в атомных или весовых процентах среднее содержание данного элемента в массе вещества земной коры глубиной в 16 км. Он является числом, характеризующим геохимию каждого элемента, и для каждого химического элемента он различен.

Но вне зависимости от кларка для каждого элемента есть предельная величина концентрации в тесной зависимости от минералогических процессов планеты.

Случайно весовой кларк марганца равен 0,1%, т.е. он так прост, что не требует при его употреблении никаких вычислений.

5. Я буду называть *сгущением* данного элемента его нахождение в большем количестве в данной естественной области, чем среднее его содержание в земной коре, т.е. чем его кларк, и его *разрежением* – нахождение в другой естественной области в меньшем, чем среднее его содержание, количестве.

В первом случае кларк увеличивается, во втором уменьшается. И увеличение и уменьшение могут быть выражены количественно точно. Я буду различать при изучении концентрации элемента его *кларк концентрации*, меняющийся в каждом месте биосферы, в котором идет наша рудная работа.

Кларк концентрации в разрежениях будет всегда дробью кларка элемента, – он будет больше единицы в сгущениях элемента. Реально пока можно изучать *кларки концентрации* только в биосфере, так как выйти из нее мы не можем.

Для того чтобы получить кларк концентрации данного элемента в данном месте (например, в породе, в минерале, в воде, в организме и т.д.). необходимо разделить процентное весовое содержание в нем данного элемента на его весовой кларк.

Пока нет кларков биосферы и ее геосфер, точно определенных, можно пользоваться кларками верхних 16 км земной коры, т.е. приведенной к современному уровню знаний таблицей Ф. Кларка. Ибо эта таблица указывает не на случайное явление, а выражает очень основное свойство вещества

¹ В.И. Вернадский. Изв. Акад. Наук СССР, сер. геол., № 1, 1937.

² А.Е. Ферсман. Геохимия, I, 2-е изд., Л., 1934, с. 14.

планеты, всех ее сложнейших химических, атомных изменений – дает понятие о равновесиях атомов, закономерных в верхних частях земной коры.

Мне кажется, такое значение таблицы весового или атомного состава земной коры стоит сейчас вне научного сомнения. Числа кларков не случайны, они дают нам в руки могучее средство, при их дальнейшем уточнении и анализе, идти глубоко в понимании закономерностей атомного строения планеты. Мы далеко отошли в их применении в область новых проблем, о которых не думали ни Филлипс, впервые поставивший проблему среднего состава земной коры, ни Кларк, ее осуществивший.

6. Введение понятия кларка концентрации в учение о рудных месторождениях представляет, мне кажется, во многих случаях большие удобства¹ и позволяет мыслить эти процессы количественно.

В Германии² различают два рода марганцево-железных руд – *руды марганцовые*, когда процент марганца превышает 30% Mn, и *руды железно-марганцовые*, когда его меньше 30%. Это значит, что при кларке концентрации марганца, равном 300, резко выступает экономическое значение марганца.

Одна из богатейших руд на марганец, Чиатури в Грузии, очень бедная железом, в забоях дает 40–45% Mn, т.е. 400–450 кларков его концентрации; чистая руда доходит до 600 таких кларков, обычно не превышая 500–520 кларков концентрации. Таким образом, концентрация марганца в рудах превышает больше чем в 600 раз его среднее содержание.

Можно идти дальше и выразить иначе кларк концентрации: учесть максимальную возможную концентрацию марганца природными процессами и определить интенсивность рудного процесса в процентах – *максимального кларка концентрации марганца*, могущего существовать в земной коре.

7. В земной коре есть наиболее богатый марганцем минерал – *манганозит* (MnO). Это редкое соединение, обращающее на себя внимание пока только минералогов. Он встречен в шпинелевого типа месторождениях марганца. В нем содержится несколько меньше 77,46% Mn³. В земной коре марганец никогда не дает соединений большей концентрации, чем содержание его в манганозите, т.е. больше 774,6 кларков. То, что манганозит редкий минерал, несколько не ослабляет этого вывода. Нет случая и нет неважного, малого в научно охватываемых явлениях. Минералы являются членами, компонентами определенных закономерных равновесий. Законности этих равновесий – в зависимости от параметров и компонентов – могут быть выражены геометрическими поверхностями. И манганозит в марганцево-железно-цинковых и в марганцево-железно-свинцовых месторождениях шпинелевого типа Лонгбана и Франклина найдет себе геометрически определенное место в виде определенной точки или области на поверхности фигуры равновесия этих своеобразных руд.

¹ Понятие кларка концентрации совпадает с тем, что А.Е. Ферсман называет коэффициентом концентрации (см. *А.Е. Ферсман. Геохимия, II, Л., 1935*).

Мне кажется, удобнее сохранить название кларка концентрации, так как при этом совершенно ясен метод определения концентрации.

² *E. Krenkel. Die Naturwissenschaften, 18, 1930. S. 553.*

³ В природных манганозитах количество марганца меньше, так как они являются изоморфной смесью (Mn, Fe, Mg) O. Процент марганца не превышает 75,92% (по сводкам Дельтера и Гинтце). Я беру идеальный предел.

Только человек достиг большего. В 1774 г. оригинальный превосходный шведский минералог, металлург и химик И.Г. Ган, друг Берцелиуса¹, получил металлический марганец – достиг концентрации 100% атомов Mn по весу, т.е. 1000 кларков концентрации, или 129,1% кларка концентрации, выражая его работу в процентах возможной концентрации Mn в биосфере.

Только в конце XIX в., почти через 100 лет после Гана, человек стал вводить металлический марганец в технику, в биосферу. Фактически он готовит сплавы марганца, но не чистый марганец. Среди этих сплавов в ферромангане иногда количество марганца превышает кларк его концентрации для манганозита – до 900 кларков концентрации, но, вносимые в биосферу из заводов в технику, эти сплавы сильно разбавляются железом. Человек не меняет здесь природного процесса, хотя и мог бы это сделать.

8. Путем сгущений атомов Mn создаются в земной коре огромные его отложения. Если сгущение атомов Mn в наиболее богатом марганцем минерале – манганозите – дает массы этого элемента, ничтожные по весу, а создание человеком чистого металлического марганца или таких сплавов, где марганец преобладает, также теряется пока в грандиозности земных процессов, то такие месторождения, как Чиатури, например, дают на ограниченном пространстве около 100 км² скопления, измеряемые многими десятками миллионов тонн чистого марганца. Но современные месторождения Чиатури указывают, что они являются остатком гораздо большей по размерам древней концентрации марганца, происходившей на огромном пространстве в илах олигоценового моря Евразии около 40 млн лет назад – около 400 декамириад²; на площади, во много раз превышавшей современное рудное месторождение, в течение десятков декамириад шла, по-видимому, биогенная концентрация марганца. Большая часть накопленного этим путем марганца вновь перешла в миграцию, рассеялась, сохранились остатки – в Приднепровье, на Лабе, в Предкавказье, в Северном Урале, в Грузии, в Малой Азии³. Большие месторождения около Никополя и Чиатури, очевидно, являются остатками одновременной олигоценовой концентрации, достигавшей, по А. Бетехтину⁴, сотен миллионов тонн марганца, от которых остались к нашим дням – меньшая часть – многие десятки миллионов тонн.

Для Чиатури и для всего явления, шедшего в олигоценовом море, эта концентрация отвечает (при 500 средних кларках концентрации) 64,5% всей возможной в биосфере его концентрации и доходила (для руды в 61% марганца) до 610 кларков концентрации – до 78,7% возможной концентрации.

9. Прежде чем идти дальше, я хочу сказать несколько слов об удобствах и неудобствах количественного определения рудной концентрации в форме кларков концентрации.

Надо прежде всего учесть основное возможное возражение – факт, что современная таблица кларков в значительной мере неустойчива, так как еще

¹ По-видимому, Ган имел предшественника. Королек Mn был получен J.G. Kaim в 1770 г. См. *J. Mellor. Treat. on anorgan. chemistry*, 12, L., 1932, p. 142.

² См. об этом термине *В.И. Вернадский. Изв. Акад. Наук СССР*, 1, 1935.

³ См. *В. Обручев. Рудные месторождения*, I, 2-е изд., Л., 1934, с. 436.

⁴ А.Г. Бетехтин первый связал их с общей олигоценовой концентрацией марганца в средиземноморском бассейне.

нет для нее вполне точных чисел¹. Она выросла исторически, улучшаясь случайными пробами. Долго не понимали ее значения и не сознавали глубокого смысла даваемых ею цифр, возможности делать из них выводы большого научного и практического значения. За последние годы таблица Ф. Кларка быстро совершенствуется. Недалеко то время, когда в результате неорганизованных даже усилий мы подойдем к вполне точной величине кларков. Реально такие величины в земной коре существуют.

Надо помнить, что таблица кларков сложилась по инициативе отдельных людей, прежде всего почти полустолетней заботой и работой немного лет назад умершего Ф. Кларка. И даже такая, как она есть, она достаточно уже точна для первых приближенных выводов.

Но надо идти дальше. Необходимо организовать систематический критический пересмотр этой таблицы и стремиться достигнуть максимально возможной ее точности.

Она стоит в геохимии на равном месте с таблицей атомных весов – в периодическом ее выражении в таблице Менделеева.

Но для рудного дела, для выяснения интенсивности концентрации металлов в рудных месторождениях еще большее значение имеет таблица кларков биосферы. Состав (среднего) биосферы мы не знаем – определение кларков биосферы есть новая проблема. Но она может быть решена относительно быстро и точно.

Было бы чрезвычайно желательно, чтобы в нашей стране была произведена, была организована такая работа для территории Союза. Я думаю, что в два-три года эта работа могла бы быть сделана и затем сведена в планетном масштабе.

Пока же для первых расчетов можно пользоваться непрерывно исправляемой таблицей Кларка.

10. Ее значение заключается в том, что она позволяет количественно сравнивать процессы концентрации для всех элементов, средняя концентрация которых в земной коре различается в квадрильоны раз, в порядке 15–16 декад, т.е. в пределах 10^1 – 10^{16} , может быть, даже и больше. Если для Mn 2–3 % его по весу будет обогащением, то для Fe те же 2–3% будут отвечать 0,48–0,71 кларка железа, т.е. такой кларк концентрации железа будет отвечать области обеднения железом.

Рассуждая о химических процессах в земной коре, мы не можем не учитывать, что количество атомов каждого элемента различно и что в среднем, например, мы в каждой точке земной коры будем встречать железа по весу в 42 раза больше, чем марганца (в атомах 43,06 раза).

Прежде всего значение введения кларков концентрации в научный обиход и заключается в том, что этим путем является возможным сравнивать по силе, по энергии, элементы, столь резко отличные друг от друга по распространенности, как, скажем, марганец и железо.

Сравнивая валовые составы ряда марганцовых руд, можно видеть, что, когда количество железа в них меньше 4,2%, увеличенной концентрации железа в них нет, но есть только концентрация марганца, например в метаморфических рудах Индии кларки концентрации железа колеблются от

¹ Литературу см. у А.Е. Ферсмана, 1. с., и в моих «Очерках геохимии».

0,05 до 1,91, а марганца – от 500 до 550. Для железно-цинко-марганцевых рудников Франклина в Нью-Джерси, состоящих в среднем из 50% франклинита, 20–30% виллемита и 2–6% цинкита, мы имеем кларк концентрации в среднем:

Fe	4,1
Mn	75
Zn	526,1

Для Керченских железных руд¹:

Минимальное количество	Fe	25,4%	(кларк конц. 6,2)
Среднее	»	Fe	33–40% (кларк конц. 7,9–9,5)
»	»	Mn	1–2% (кларк конц. 10–20)
»	для богатых марганцем		11% (кларк конц. 110)

Концентрация марганца в керченских рудах всюду больше концентрации в ней железа. Мы должны принимать это во внимание – по сравнению, например, с железными рудами Лотарингии и Люксембурга, где концентрация Мг ничтожна. Керченские руды содержат количества марганца, сравнимые с самыми большими его концентрациями – с Чиатури, например, где никакой концентрации железа нет (кларк концентрации Fe в среднем отрицательный, немного больше 0,1 среднего содержания железа в земной коре).

Керченские руды, рассматриваемые с точки зрения создавшего их природного процесса, который мы можем изучать, беря средний их состав и сравнивая его со средним составом земной коры, являются столь же проявлением геохимии железа, как и геохимии марганца. Этот процесс был даже более интенсивен для Mn, чем для железа, что видно по скоплениям масс марганца, больших, чем масс железа, по сравнению с обычностью железа в земной коре.

Это – биогенная концентрация марганца, которая по своим результатам должна быть поставлена рядом с величайшими скоплениями марганца, тоже биогенными, которые шли в Чиатури, где железо практически отсутствует.

В обоих случаях дело идет о десятках миллионов тонн марганца.

11. Принимая во внимание кларки концентрации, можно различать в биосфере, в разных ее областях и на разных ее уровнях, для каждого элемента области с более высоким содержанием данного элемента по сравнению с весовым его кларком и с более низким. Можно назвать эти области областями *положительных кларков концентрации* в первом случае и *отрицательных* – во втором.

В областях с положительной концентрацией марганца находятся руды марганца. К ним я еще перейду.

Но области отрицательной концентрации имеют для геохимии марганца, и в частности для *создания* рудных его месторождений, первостепенное значение: в них сосредоточены те силы, которые создают рудные марганцевые скопления – воды и живые вещества. И в водах и в живых веществах количество марганца определяется долями кларка марганца. В организмах мы имеем в десятки и сотни раз меньше марганца, чем величина его кларка; в водах

¹ Числа у В. Обручева, 1. с., 1934, с. 426–427.

концентрации обычно еще меньше – до сотен тысяч и миллионов раз меньше, чем весовой марганцевый кларк.

Пределом отрицательной области Mn будет полное его отсутствие – кларк марганца будет равен нулю; такова область тропосферы за пределами пылевой атмосферы. Но нулевой кларк концентрации для Mn при его неизбежном значении для живого вещества и для концентрации марганца на поверхности суши может в этих областях существовать только по временам, – но все же существовать может.

12. Для отрицательной области марганца очень характерно, что при чрезвычайном его разжижении его нахождение имеет огромное геохимическое значение, может давать огромный эффект, как это имело место, например, в олигоцене море Евразии 400 декамириад назад. Мы не имеем никаких оснований думать, что олигоценое мелкое море отличалось по составу своей воды от моря современного. Возможно, что выпавшие в то время соединения марганца были менее им богаты, чем преобладающие сейчас образовавшиеся из них безводные руды (пирролюзит)– MnO_2 . Если их формула установилась в своем теперешнем виде после их первоначального, вероятно биохимического, образования, все же они могли выпасть – биогенным путем – из морской воды современной концентрации, как выпадают бактериальным процессом марганцево-железные конкреции, кларк концентрации которых доходит для марганца до 400 на дне Тихого океана, например, а кларк концентрации марганца в океанической воде – отрицательного порядка, равен 10^{-5} .

Для марганцевой руды – первично водной – можно принять эти современные цифры – 400 кларков концентрации Mn как maximum до сих пор наблюдавшийся в современных морских условиях. Когда марганцевые конкреции с таким содержанием марганца¹ потеряют воду, кларки концентрации неизбежно повысятся.

Нахождение олигоценых руд типа Чиатури не требует никаких изменений современного характера морей и океанов.

Можно допустить и для олигоценового моря то же содержание марганца, близкое к $1 \cdot 10^{-6}\%$ по весу воды моря. Только недавно был получен этот количественный учет марганца в морской воде². Вероятно, среднее его содержание в океанической воде, в аспекте геологического времени, будет близко, но меньше одной миллионной процента. Это дает меньше одной стотысячной кларка концентрации марганца.

И однако, исходя из такой концентрации, жизнь в ходе геологического времени увеличила кларк марганца больше чем в 60 000 000 раз, собрав на протяжении тысяч квадратных километров сотни миллионов тонн атомов марганца в течение десятков, а может быть и меньше, декамириад.

Это не исключительное, а обычное проявление биогеохимической энергии, характерное для C, Si, O, Fe, Ca и т.д.

13. Я позволю себе остановиться на этом примере.

Мне кажется, мы недостаточно оцениваем и понимаем значимость выделения минералов из слабых водных растворов биогенным путем.

¹ В.И. Вернадский. История прир. вод, I, в. 3, 1936, с. 456.

² См. G. Denigès. «Comptes Rendus Acad. Sci. Paris», 194, 1932, p. 91.

Биогеохимическая энергия является по скорости концентрации твердого вещества из рассеянного его состояния, вероятно, величайшей силой – в аспекте геологического времени, – какая существует на нашей планете.

Часто ставят вопрос о том, откуда берутся в водном бассейне те количества металла, которые собраны биогенным путем из водных рассеяний, из растворов. Но при этом не учитывают, что химический состав воды бассейна имеет установившийся и меняющийся лишь в большие интервалы геологического времени состав, а для океана, по-видимому, многие тысячи и, может быть, десятки тысяч декамириад неизменный – установившийся в присутствии жизни. Раз жизнь действует непрерывно в течение геологического времени, она составляет часть равновесия и в ходе времени превратит рассеяния – максимальный отрицательный кларк концентрации в растворе – в максимальный положительный кларк концентрации элемента в биогенном синтезе твердого тела.

Океан постоянен в своем составе в историческое время и, по-видимому, в среднем постоянен в геологическое время. Металлический состав его обусловлен немногими главными явлениями: речными водами, в него вливаемыми, метеорными водами, приносящими пыль фумарол вулканическими извержениями и подводными извержениями.

14. Существует количественное в историческом, а частью и в геологическом времени неизменное динамическое равновесие:



Дальнейшее повышение кларка концентрации Мп в биогенных минералах происходит при метаморфизации биогенных минералов, их дегидратации в первую голову.

Они могут быть рудой, когда не только кларк концентрации большой, но и когда масса Мп, так выделенного, велика.

Это может совершаться в двух случаях:

- 1) когда интенсивность жизни концентрирующих Мп организмов велика и
- 2) когда процесс совершается в одном направлении длительное время – многие декамириады.

Очевидно, все, что повышает интенсивность жизни Мп-поглощающих организмов, будет повышать количество выделенного ими марганца.

Одно и то же количество марганца выделится в течение более короткого времени, если условия для жизни благоприятны, чем когда они неблагоприятны. Процент содержания Мп в морской воде может быть при этом заметно не понижен.

Геологическое время действует в ту же сторону, что и благоприятные условия для жизни Mn-организмов, если нет обратного перевода Mn в морскую воду другими организмами, или растворяющим действием воды на безжизненные органогенные минералы марганца морского дна.

Для олигоценовых морских марганцевых организмов процесс их жизни измерялся, по-видимому, не меньше как десятками декамириад.

Нельзя, однако, не обратить внимания на то, что это, должно быть, были другие организмы, чем ныне известные, так как в олигоценовых рудах поражает бедность их железом, резко отличающая их от органогенных марганцевых руд, отлагающихся сейчас и отлагавшихся многократно раньше на дне океана.

Выявление этих организмов есть первая задача научного исследования этих руд. Пока она не решена, всегда могут быть сомнения.

15. Прежде чем перейти к краткому обзору наших марганцевых руд на фоне общей геохимии марганца, я хочу еще сказать несколько слов о необходимости и при рудных исканиях и во время геологической разведывательной работы в нашей стране не оставлять без внимания области с отрицательной величиной кларка концентрации марганца и области с его положительной концентрацией, далекой от его рудной концентрации.

Вопрос здесь идет о вредном или полезном действии концентрации марганца в биосфере в связи с жизнью – с человеком и его культурами, с живой природой вообще.

Становится ясным, что концентрация марганца отражается определенным образом на всем живом мире: на разных формах жизни проявляется благоприятное или неблагоприятное действие излишка или недостатка марганца. Оно проявляется в изменении форм жизни, в их пышном расцвете или в их страданиях. Максимальные концентрации – руды марганца – сами могут быть рассматриваемы, с этой точки зрения, как проявления того же биогеохимического эффекта в жизни человечества.

При их изучении эта сторона не должна быть упущена из внимания.

Для Чиатури есть такие наблюдения над растительностью, к сожалению, количественно не изученные и не продолженные¹.

Аналогичный тип концентрации марганца, не столь может быть резкий, ярко проявляется на живущей на нем растительности и в других случаях. Обычные почвы наших стран являются или отрицательными или положительными областями для марганца – уменьшается или увеличивается кларк Mn в несколько раз (меньше ± 5). Но есть почвы в тропических странах (например, на Гавайских островах или в Индии), где увеличение марганца отвечает более чем 10, до 90 кларков концентрации. Такие почвы вызывают в некоторых культурных растениях, на них прорастающих, вредные проявления. Опыты доказали этот вывод².

Было бы желательно, чтобы при изучении наших марганцевых рудных месторождений на эти явления было обращено внимание.

¹ С. Сакелашвили. К геологии и петрографии Чиатурских марганцевых мест. Ек., 1917, 10–11 («Южный инженер»). Ясно и изменение растительности в рудном месторождении.

² W. Kelley. «Botan. Gaz.», 57, Ch., 1914, p. 217.

II. МАКСИМАЛЬНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МАРГАНЦА В ПРЕДЕЛАХ БИОСФЕРЫ – МАРГАНЦЕВЫЕ РУДЫ

16. В 1930 г. проф. Э. Кренкель¹ в Лейпциге попытался подсчитать мировые распределения и запасы известных руд марганца. Он исчислял их примерно в $6 \cdot 10^8$ т; считая, что в среднем металлический марганец будет составлять около 30% марганцевой руды, можно видеть, что к этому году были на учете – открыты и разрабатывались – скопления марганца не менее $1,8 \cdot 10^8$ т весом. По Кренкелю, из них на территории Союза находилось $6,3-6,9 \cdot 10^7$ т Mn, в Индии – $3,9-4,5 \cdot 10^7$ т, в Южн. Африке – $9 \cdot 10^6-1,2 \cdot 10^7$ т, в Бразилии столько же, на Золотом берегу в Западной Африке – $6 \cdot 10^6-9 \cdot 10^7$ т. Более новые подсчеты мне неизвестны, но ясно, что эти числа увеличатся и увеличится доля нашего Союза в мировом запасе; может быть, это будет отчасти проявлением интенсивной государственной разведки в нашей стране и ее ослабления, вследствие кризиса, в других странах.

Марганец – металл XX столетия, перед ним большое будущее, и нет сомнения, что эти подсчеты при дальнейшем исследовании изменятся и что сейчас они дают неполное и, вероятно, не вполне верное представление о его рудах.

17. Образование марганцевых руд больших концентраций, отвечающих больше 100 кларков концентрации марганца, тесно связано, во-первых, с химическим характером марганца, обладающего способностью давать в земной коре многочисленные, различные по свойствам, кислородные окислы, и, во-вторых, с биогеохимическими процессами.

Это определяет место образования марганцевых концентраций: верхняя часть биосферы в области свободного кислорода – выше кислородной поверхности.

Вероятно, нет ни одного металла, в образовании больших скоплений которого жизнь играла бы такую роль, как для марганца. Для кальция и железа точно так же биогенные образования отвечают наибольшим их природным массам, но для них, наряду с концентрациями такого происхождения, известны не меньшие скопления, связанные с магматическими процессами, совершенно независимые от биосферы.

18. Ничего подобного неизвестно для марганца. Всматриваясь в известные нам сколько-нибудь значительные концентрации марганца, мы почти всегда можем проследить связь их с поверхностными и с биогенными выделениями – с процессами выветривания, с биосферой в широком ее понимании, как это приходится сейчас делать, внося в нее стратисферу и учитывая существование *глубинного биогенного метаморфизма*².

Концентрации марганца, дающие нам руды, всегда в своем первоначальном генезисе связаны с биосферой; основные силы выветривания – свободный кислород, вода и живое вещество – дают к тому нужную энергию. В конце концов живое вещество выступает как основной фактор, ибо свободный кислород и углекислота нижних слоев тропосферы, которые имеют основное значение в концентрации атомов марганца, в подавляющей своей части

¹ E. Krenkel. l. c., 1930. S. 561.

² См. В. Вернадский. «Изв. Акад. Наук СССР», серия геол., II, 1935.

биогенного происхождения. Таковы же они и в тех водах, которые являются местом реакций, приводящих к концентрации марганца и его рудам: это воды класса $N_2-O_2-CO_2$, переходящие в воды $N_2-CO_2-O_2$, причем кислород сходит, может быть, в конце концов на нет (для родохрозитовых руд); здесь и N_2 является, по-видимому, биогенным¹.

19. Я в 1924 г.² обратил внимание на своеобразное распределение соединений Mn в земных оболочках; только в биосфере создаются выделения чистой и гидратной двуокиси марганца в виде пиролюзита – MnO_2 , являющейся одной из важнейших по количеству марганца руд. За пределами кислородной поверхности, может быть, даже раньше, двуокись марганца становится неустойчивой; здесь максимальное окисление отвечает Mn_2O_3 , которое проявляется в многочисленных и разнообразных минералах (браунит, псиломеланы и т.д.), скопления которых дают иногда метаморфические руды. Наконец, в областях, бедных кислородом, и в условиях высоких давлений и температур (массивные породы) атомы марганца являются в форме двухвалентной. Здесь образуются иногда его скопления, дающие руды, главным образом карбонаты и метасиликаты марганца. Переход рудных тел из пиролюзита MnO_2 в коре выветривания в родохрозит $MnCO_3$ путем метаморфизма в стратисфере может быть прослежен в ряде случаев.

Для условий магматического образования атомы двухвалентного марганца, наблюдаемые во всех земных оболочках, становятся единственными устойчивыми, и только их соединения наблюдаются в массивных горных породах. И однако в них нет ни одного минерала марганца; марганец в двухвалентной форме находится в массивных породах в кристаллических решетках соединений двухвалентного железа, т.е. находится в изоморфной смеси, в твердом растворе в богатых железом минералах. Количество марганца в этих изоморфных смесях достигает немногих процентов (кларк концентрации марганца не превышает и, может быть, не достигает 50). В массивных породах никогда не заключается больше 2,5% Mn, т.е. кларк концентрации не превышает 25. Да и то почти все случаи указывают на аномальную породу, происшедшую иногда явно резорбцией осадочной или метаморфической горной породы, в свою очередь образовавшейся из осадочной.

20. Изучение степеней окисления приводит нас к разной валентности атомов марганца и в то же время убеждает в том, что атом каждой валентности должен рассматриваться в своей геохимической истории как разный химический элемент. Ярко разобрал это сейчас в своем докладе об элементах семейства железа на нашем совещании А.Е. Ферсман для Fe и для Mn, который принадлежит в некоторых своих валентностях к семейству железа.

В кристаллохимии это выражается для ионов, т.е. заряженных атомов, в их разных атомных радиусах и явно сказывается в рентгенограммах, в их учете.

Разная геохимическая история Mn сказывается для Mn^{+II} , Mn^{+III} и Mn^{+IV} , играющих большую и разную роль в геохимии марганца. В живом веществе

¹ Об этом способе обозначения вод см. В. Вернадский, История минералов земной коры, II, Л., 1933–1936.

² В. Вернадский. La Géochimie. P., 1924, p. 80.

допустимо нахождение атомов высшей валентности Mn^{+V} и Mn^{+VII} , с возможными отголосками которых мы должны считаться и в процессах биосферы.

Мы имеем для Mn устойчивость атомов Mn^{+IV} в биосфере и отсутствие их в более глубоких слоях земной коры; Mn^{+III} характерен для глубокой анаэробной части биосферы и для метаморфической геосферы; Mn^{+II} наблюдается во всех геосферах, но только он один встречается в массивных породах, т.е. характерен для магмосферы и нижней метаморфической оболочки.

21. Рудные месторождения марганца не содержат ни одного случая чисто магматического выделения марганца. Шпинелевые выделения, до сих пор известные, – Франклин в Нью-Джерси и Лонгбан в Швеции, – относительно небольшие и по кларку концентрации (для Франклина около 75) связаны, по-видимому, с магматической резорбцией осадочных или метаморфических руд марганца, а не с простым контактным воздействием, как иногда думают. Во всяком случае это наиболее возможное объяснение, которое, мне кажется, отвечает фактам.

Надо иметь в виду, что Mg , Mn -шпинелевые выделения в массивных породах связаны с исключительно высокой температурой – большей, чем допускаемые температуры выделения силлиманита; порядок ее может быть обусловлен высоким давлением. В петрогенезе сейчас эта область явлений – преобладание алюминатов над силикатами – требует большего внимания, чем мы это видим сейчас, и наши современные представления едва ли в дальнейшем здесь сохранятся. Поэтому тут можно ждать неожиданностей как в области магматических руд, так и метаморфических. В Лонгбане из шпинелей преобладает магнетит, в Франклинне – франклинит. Этого типа руд пока у нас нет. Но как раз здесь можно ждать серьезное новое. Если бы в магмах была резорбция чиатурского типа руд, мы получили бы большую рудную массу Mn -шпинелевого типа.

То же самое могло бы иметь место при процессе метаморфизма. Поэтому заслуживает большого внимания указание А.Е. Ферсмана, мне им недавно сделанное, о нахождении *якобсита* в Лапландии.

22. Известные руды Mn сводятся к немногим типам. Приведу как пример новейшие классификации Кренкеля (1930) и В. Обручева (1934).

Кренкель

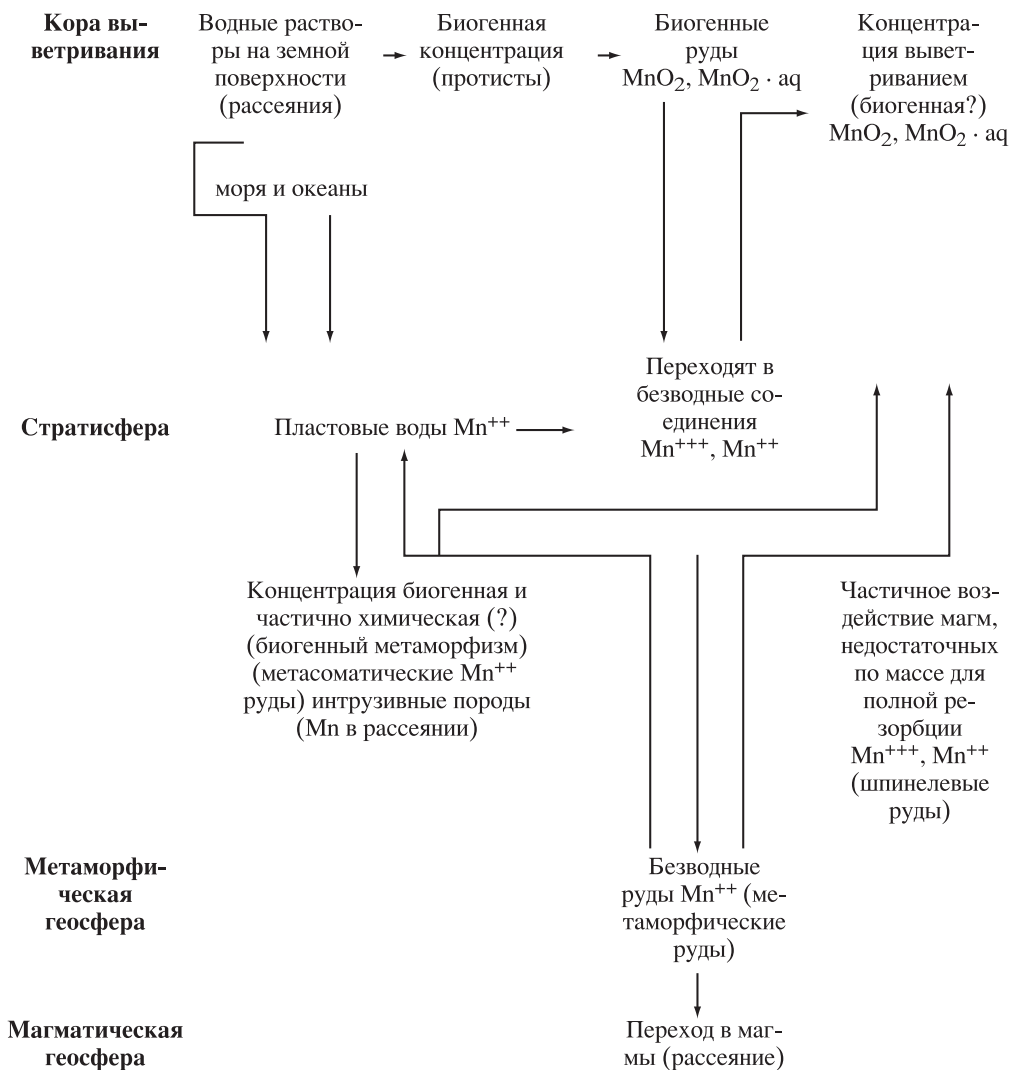
Обручев

Осадочный (Чиатури)	Выветривание (Мазульское, Арканзас)
Жильный–заполнение трещин (Тюрингия)	Гипотермальный (Шнееберг)
Метасоматический (Южная Африка)	Контактный (Лонгбан)
Элювиальный (Индия)	Метаморфический (Бразилия)
Контактно-метаморфический (Лонгбан)	Метасоматический (Гуэльва)
Регионально-метаморфический (Бразилия)	Осадочные (Чиатури)

23. Все эти типы месторождений можно свести к одному геохимическому циклу марганца, неизбежно повторяющемуся в земной коре в ходе геологического времени и распадающемуся на два процесса: 1) от максимального рассеяния марганца в биосфере до его максимальной биогенной концентрации в верхней биосфере же и 2) от максимальной биогенной концентрации в биосфере через ряд определенных стадий метаморфических концентраций марганца к рассеянию его атомов в магматических очагах и происшедших в результате их застывания массивных породах.

Возможно, что здесь есть, наряду с резко биогенным накоплением марганца, концентрации его из водных растворов в нижних частях биосферы (в стратисфере), связанные с биогеохимическими процессами более сложным образом. Это – метасоматические и, может быть, гидротермальные его рудные месторождения. Вопрос выяснится при дальнейшем исследовании. Часть метасоматических рудных месторождений (родохрозит) является метаморфизованными биогенными рудами. Это во всяком случае, по-видимому, процесс вторичного значения в области известных нам рудных месторождений марганца. Дальнейшее изучение это выяснит.

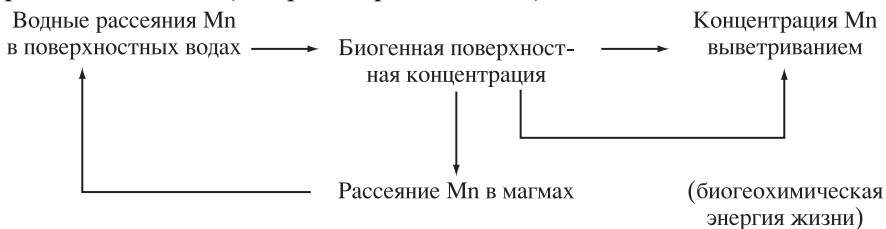
24. Главная масса рудного марганца охватывается в своем генезисе – и в закономерном распределении в земной коре – следующей схемой (с. 540), которая, повторяясь и останавливаясь, может быть прослежена на протяжении всего геологического времени – от современного до докембрийского.



25. Все эти различные стадии геохимических циклов марганца различного геологического возраста являются рудными месторождениями марганца только тогда, когда они, во-первых, отвечают большому кларку концентрации марганца, превышающему 100; во-вторых, когда при этом они захватывают тысячи тонн этого металла, и, в-третьих, не находятся очень глубоко от земной поверхности – на глубинах, не превышающих немногие сотни метров.

Все рудные месторождения марганца, даже такие, как связанные с Zn или Fe, лежат не очень глубоко.

Это, может быть, неслучайно, а связано с тем, что процесс рассеивания марганца в магмах происходит в среднем в земной коре не глубоко и все биогенные концентрации марганца (и концентрации в пластовых водах?) геологически быстро уничтожаются согласно основному процессу схемы § 24. В упрощенной схеме (в первом приближении) мы имели:



26. Образовавшаяся метаморфическая концентрация марганца, исходной для которой является, несомненно, биогенная его концентрация на земной поверхности и, может быть, такая же концентрация в пластовых водах, имеет значение в учении о полезных ископаемых только тогда, когда они находятся вблизи от земной поверхности и доступны для разработки.

Они попадают в эти условия благодаря: 1) денудации, но главным образом благодаря 2) орогенческим движениям земной коры и 3) благодаря геологическим движениям гидросферы.

Биосфера является с точки зрения своего твердого вещества резко мозаичной – в аспекте геологического времени – структурой. Геологическая карта дает нам яркое ее выявление.

Очевидно, с точки зрения рудных месторождений марганца, надо в связи с этим искать в ее строении закономерностей, сейчас еще мало изученных. В них резко проявляется геологическое время.

Современные рудные месторождения (элювиальные и образовавшиеся вследствие химического выветривания), очевидно, могут разрабатываться только тогда, когда этим процессом собраны большие массы Mn, т.е. в тех частях биосферы, где мы имеем дело с сохранившимся древним постплиоценово-третичным элювием или древним выветриванием.

То же самое имеет место по отношению к осадочным рудным месторождениям марганца: третичные отложения господствуют.

Дело специального исследования охватить рудные месторождения марганца с геохимической точки зрения. Я не могу здесь углубляться в эту проблему. Моей задачей является только указать на эту возможность и на необходимость использовать для этого геохимический подход при исследовании рудных месторождений марганца в нашей стране.

III. СООБРАЖЕНИЯ ОБ ОЧЕРЕДНЫХ ОБЩИХ УСЛОВИЯХ ВЫЯСНЕНИЯ ЗАПАСОВ МАРГАНЦА В НАШЕМ СОЮЗЕ

27. Заканчивая, я хочу остановиться на некоторых общих проблемах, связанных с изучением марганцевых месторождений в нашей стране.

Нельзя не отметить прежде всего, что, несмотря на то, что наибольшее известное рудное месторождение марганца находится в нашем Союзе, оно до сих пор научно не изучено или, вернее, результаты изучения главного из них не опубликованы. Это Чиатури и связанные с ним месторождения Закавказья.

Прежде всего необходимо, не откладывая, полно опубликовать исследования Чиатури, сделанные А. Бетехтиным, и распространить аналогичную исследовательскую работу на все марганцевые месторождения Закавказья.

Все другие месторождения, в том числе такое важное, как Никопольское, не исследовались, или произведенные исследования не напечатаны, или окончательно не обработаны. Превосходная для своего времени работа П.А. Соколова¹, очевидно, в настоящее время недостаточна.

Запаздывание с печатанием и в то же время чрезвычайная неполнота печатных отчетов, обусловленная спешностью, приводят к тому, что в результате в нашей стране страдает точность научной работы и ее законченность. Литература о месторождениях марганца имеет характер предварительных, незаконченных работ, и ею приходится пользоваться с большой осторожностью. Надо, не ограничиваясь предварительными отчетами, перейти к заканчиванию и печатанию полных отчетов.

Кроме вреда для дела, это ничего сейчас не приносит, и держать нашу научную работу на таком низком уровне ничем не может быть оправдано.

Положение ухудшается тем, что нигде у нас нельзя ознакомиться с материалом – геологическим и минералогическим, собранным во время исследования месторождений марганца за последние послереволюционные годы. Он нигде не хранится и не собирается, и, сколько я мог ознакомиться с положением у нас геолого-разведывательного дела, я вижу, что драгоценнейший материал непрерывно исчезает и выбрасывается.

Такое положение недопустимо, недопустимо потому, что многие выводы «отчетов», явно неверные, не могут быть проверены на материале, который должен бы доказывать правильность заключений.

Необходимо срочно прекратить такое недопустимое ведение этого дела, имеющего огромное государственное и научное значение.

Уже сейчас ясно, что во многих случаях придется переделывать сделанное.

Надо добиться сохранения образцов геологической разведки и опубликования полной обработки разведок.

28. Хочу остановиться еще на двух проблемах, исследование которых, должно быть организовано в связи с геохимическим подходом к изучению марганцевых месторождений.

Во-первых, должна быть поставлена экспериментальная работа над биохимическим происхождением марганцевых и железо-марганцевых руд.

¹ Н.А. Соколов. «Тр. Геол. ком.», 18, 1901.

Должны быть выделены и изучены соответствующие организмы, как – бактерии и грибы – железо-марганцевые, так и чисто марганцевые.

Чисто марганцевые организмы есть, но они совсем не изучены. Между тем для наших главнейших марганцевых руд – типа Чиатури – все указывает, что они отличны от биогенного генезиса, обычного для марганцево-железных современных морских руд, для руд Керчи, к ним близких, и, вероятно, связаны с особыми организмами.

Нельзя при исследовании таких малоизученных проблем, как те, которые связаны с учением о рудных месторождениях, ставить вопрос узко практически; это всегда отзовется в конце концов неблагоприятно и окажется невыгодным даже с узко практической точки зрения.

Известная часть получаемых средств должна неуклонно тратиться на углубленную научную работу, связанную с учением о рудных месторождениях марганца. И сейчас мы знаем, что из-за плохой научной изученности того же Чиатури мы используем очень малую часть добываемой руды. Остальная (очень большая, если не большая) теряется и распыляется. Это недопустимое отношение к народному богатству.

Другой задачей, требующей внимания и исследования, является основное условие для приложения геохимии к охвату рудных месторождений марганца – создание в короткий срок таблицы кларков биосферы.

Я касаюсь этого в другом месте¹.

О КОЛИЧЕСТВЕННОМ УЧЕТЕ ХИМИЧЕСКОГО АТОМНОГО СОСТАВА БИОСФЕРЫ

*(Доклад на объединенном заседании Отделений геол.-геогр. и химич. наук
31 октября 1939 г.)*

I

1. Моей задачей является привлечь внимание геологов к проблемам химического состава биосферы. Конкретно геолог в своей геологической работе за пределы биосферы не выходит.

Состав биосферы, выраженный в весовых или в атомных процентах составляющих ее химических элементов, нам неизвестен. А между тем биосфера – это среда нашей жизни, та «природа», которая нас окружает. «Природа» различна в разных местах, – очевидно, и состав биосферы в разных местах земной поверхности не одинаков. *Но он различен закономерен*, он зависит от геологического строения местности, теснейшим образом связан с геологической картой, с чем до сих пор не считаются.

Связь с *геологической картой* заставляет обратить на эту проблему серьезное внимание геологов нашей страны, в работе которых прикладное значение *геохимии* с каждым годом приобретает все большее значение. Ибо состав биосферы, связанный с геологической картой, позволяет по-новому и более точно подойти к *правильному использованию и нахождению* химических элементов, т.е. полезных ископаемых, с их *концентрацией и с их рассеянием*.

¹ В.И. Вернадский. «Изв. Акад. Наук СССР», серия геол., I, 1937.

Закономерности здесь существующие, не выявлены, но ни один геохимик не сомневается в их существовании. Их надо выявить. Их нельзя быстро и точно установить, не зная атомного состава биосферы.

Это дело требует комплексной постановки исследования. Она не достижима для отдельных институтов и центров работы Академии. Поэтому я ставлю ее в соединенном заседании двух Отделений – ставлю перед Академией.

Академия должна поставить ее со всей возможной глубиной, в таких рамках, которые позволили бы нам получить нужные знания в ближайший срок.

Надо получить эти данные в границах нашего государства, для биосферы нашей Земли.

2. Как я говорил, мы не знаем химического состава биосферы. Мы имеем о нем только некоординированные, очень неполные представления.

Знание в химии природных явлений должно быть выражено в числах и в геометрических образах, в аспекте времени. Только тогда, когда это сделано, мы сможем овладеть в нужной нам мере нужными нам для жизни химическими силами планеты.

Мы сейчас имеем ясное количественное химическое представление только о среднем элементарном составе так называемой *земной коры*, выраженном в атомных или в весовых процентах. Я вернусь к вопросу, что такое *земная кора* и какое отношение она имеет к *биосфере* (§ 3, 22).

Это знание сведено в таблицу, которую в нашей стране, по инициативе А.Е. Ферсмана, часто называют таблицей Ф. Кларка (1847–1931) и даже числа ее – *кларками*. Это имеет некоторое удобство, но едва ли это справедливо, и мне кажется, широкое вхождение «кларка» в нашу геохимическую литературу, все увеличивающуюся, делает ее менее понятной, а следовательно, и влиятельной – в мировой литературе, так как термин «кларк» не понятен вне нашей страны и объяснять его в каждой научной статье невозможно. Подобные новые термины должны в нормальных условиях приниматься на международных конгрессах. «Кларки» непонятны для англичанина, американца, француза, немца – для любого ученого вне нашей страны. Для нашей научной работы это невыгодно.

Конечно, Ф. Кларк, несомненно, завершил и усовершенствовал работу нескольких поколений до него, когда в 1889 г. он, исходя из территории Соединенных Штатов, углубил и расширил учет чисел и опубликовал свою сводку. Начало этой таблице было положено за 74 года раньше, после вхождения в новую химию представлений о химических элементах и атомах в начале XIX столетия. В 1815 г. английский минералог В. Филлипс (1773–1828) впервые попытался выяснить химический элементарный состав окружающей человека природы, верхней «земной коры». Он сделал это для 10 химических элементов, в общем правильно выяснив количественно порядок их распространенности. После него его числа несколько раз пересматривались, исправлялись, между прочим и крупными учеными – де ля Беш в Лондоне, Эли де Бомоном, Добрэ в Париже – и, наконец, систематически были переработаны Ф. Кларком и Г. Вашингтоном в Вашингтоне с 1889 по 1924 г. Самостоятельную работу здесь вел одновременно И. Фохт (в Дронтгейме в 1898–1916 гг.), который впервые распространил эти данные на нетронутые Кларком редкие элементы – многие металлы – и поставил задачей охватить *все элементы*.

С тех пор эта таблица непрерывно перерабатывается и уточняется.

Она стоит наряду с Менделеевской таблицей атомных весов в геологической и в физико-химической работе.

В результате мы имеем таблицу точных дат, где числа выражены в атомных и в весовых процентах. На значение атомного подсчета вещества впервые указал В. Аккройд в Англии, работавший вне научных организаций в 1902 г., но ввел в геохимию молодой тогда А.Е. Ферсман в 1912 г., не зная о работе Аккройда. О нем напомнил Ф. Астон только в 1922 г.

3. Что же такое «земная кора» и что дают нам числа таблицы Филлипса – Кларка – Фохта? Какие отношения имеет биосфера к земной коре, а числа этой таблицы – к тем числам, которые мы ищем для биосферы?

Остановлюсь сперва на последнем вопросе.

Числа, получаемые для всей земной коры, не должны были бы резко отличаться в разных местах земной поверхности. Какую бы точку мы ни выбрали как исходную, мы, вообще говоря, должны были бы получить один и тот же – средний – результат. Благодаря относительной мощности земной коры – мощности в 16–25 км – биосфера, т.е. поверхность планеты, должна теряться, сглаживаться в химическом *среднем* составе земной коры, и ее ярко нам видное химическое территориальное различие не будет отражаться на получаемых нами цифрах.

Средний химический состав земной коры будет мало отличаться, будем ли мы его определять в богатом каменноугольном бассейне, например, в Донбассе, в области соляных куполов Эмбы или в области кристаллических пород Украины.

Понятия земной коры и биосферы принадлежат к разным – логически – геологическим категориям. Понятие «земной коры» введено в науку из космогонических представлений, которые почти всецело господствовали, когда Филлипс давал свои первые числа, и которые мы сейчас должны считать ошибочными и ненужными.

Думали в это время, когда идеи *Système da Monde* Лапласа охватывали научную мысль, что наша планета была некогда расплавлена, и считали *земную кору за кору застывания планеты*.

В общем, эти представления были еще живы, когда Кларк делал свои исчисления. Но Кларк смотрел глубже, и мне кажется, он является одним из пионеров того течения мысли, которое сейчас только входит в геологию, сейчас охватывает геологическую мысль Американских Соединенных Штатов целиком, мировую – условно, и которое до сих пор не может настоящим образом пробить рутину советской геологической мысли.

Франк Уиглсуорт Кларк, точный химик и минералог, экспериментатор и аналитик, – один из той плеяды ученых, которые в XIX в. заложили основы точным числам «постоянных» – «констант» природы, на которых прочно стоит вся наука нашего времени, – был одним из тех новаторов мысли, которые в химических природных процессах, в том числе земных и космических, искали проявления *эволюции вещества*.

Поэтому «земная кора» Кларка не имела и не могла иметь ничего общего с космогоническими гипотезами, с догеологическим существованием Земли и с ее корой застывания.

Он называл «корой» (и пытался определить ее состав) *ту толщу планеты* вглубь от земной поверхности, *откуда можно получить* для химического

исследования конкретные *образцы* вещества – горные породы и минералы, иметь их в наших руках в биосфере.

Он, на основании точного эмпирического анализа фактов, пришел к заключению, в то время не противоречившему фактам, что вещество, которое мы встречаем вокруг себя (т.е. в биосфере), отвечает слою в 10 миль (т.е. 16 км) и что осадочные и метаморфические породы составляют 5% его по весу.

Господствуют массивные породы, и для территории Соединенных Штатов состав так определенной земной коры отвечает *составу гранитов, вернее – гранодиоритов*. Были сделаны попытки таких же подсчетов для массивных пород других стран: Финляндии – И. Седергольмоми Украины – Н.И. Безбородко, которые привели к близким, но не тождественным результатам.

Эти вычисления подтвердились и геологическими наблюдениями. С одной стороны, геологическое изучение окружающей нас доступной нам природы – биосферы – всюду, *на всех континентах*, выявило наличие или логически неизбежное существование гранитов под выходящими на поверхность породами, если мы сделаем логически правильные выводы из нашего знания геологического строения больших участков любой территории.

Имеется, однако, одно исключение из этого положения. Под Тихим океаном вдоль его берегов и на его островах гранитная (вернее – гранодиоритная) земная оболочка не проявляется. Она не проявляется ни путем изучения геологического строения, ни геофизическими методами исследования.

Изучение сейсмических волн позволяет уточнить это явление. Я вернусь к этому позже (§ 18). Здесь же только отмечу его.

4. Химический состав земной коры – таблица Филлипса – Кларка – Фохта – был учтен и использован не только геологами и геохимиками. Он был охвачен физиками и химиками в той огромной по научному значению работе, которая характеризует XX век как век *научного атомизма*.

И из их работы выявилось значение эмпирического обобщения, каким является таблица Филлипса – Кларка – Фохта, далеко выходящее за пределы геологии, но не выходящее за пределы Земли как планеты.

Это научное обобщение было в ходе процесса создания научного атомизма нашего времени широко использовано и до сих пор углубляется изысканиями физиков, химиков, радиологов, астрофизиков. Оно оказалось тесно связанным с основными научными исканиями нашего времени – с атомным аспектом реальности.

Отчетливо выяснилось, что химический атомный состав земной коры *не есть случайное явление*. Он теснейшим образом связан с многообразными свойствами атомов в том физическом поле – прежде всего термодинамическом, – которому отвечает земная кора. Земная оболочка в таблице Филлипса – Кларка – Фохта количественно отвечает *земному проявлению атомов*.

Но она явно дает нам большее.

В результате астрофизических исследований, сейчас переживающих крутой подъем (под влиянием роста научной атомистики), выявилось (из работ, прежде всего, Ресселя и В. Пайн-Гапошкиной), что в поверхностных слоях звезд – Солнца в том числе – мы имеем отражение того же количественного атомного состава, который выражен в таблице Филлипса – Кларка – Фохта.

Мы видим в этом неожиданном явлении или проявлении не учитываемых нами физико-химических свойств атомов в условиях космической среды, или, что очень вероятно, это связано с существованием в длении геологического времени, может быть, в длении времени нашей Галактики, материального обмена между поверхностными частями космических тел, в том числе звезд и Солнца, и Землей – мирового процесса, непрерывно идущего миллиарды лет.

Такой материальный обмен между Землей и космическими телами существует и проявляется в газовом и пылевом между ними обмене, в падающих звездах, в космической пыли, в характере стратосферы и ионосферы, в метеоритах, может быть, в зодиакальном свете.

Это важное явление так мало изучено, что, считаясь с ним и не забывая его, мы пока дальше идти не можем.

5. Ясно, что *земная кора, взятая в химическом аспекте, представляет, по существу, явление логически другого, большего порядка, чем биосфера.*

Однако земная кора, взятая в целом, гранодиоритовая оболочка, ей химически в среднем отвечающая, генетически с биосферой связана, но связана сложно. Совершенно ясно, что то реальное значение, которое получила таблица Филлипса – Кларка – Фохта в науке, не только в астрофизике, но и в учении об атомах, на что указали химики и на чем я здесь не останавливаюсь, не может отвечать коре застывания расплавленной некогда планеты, которую создала математически выраженная космогоническая научная фантазия, а не научное эмпирическое обобщение. Она должна отвечать какому-то реальному большому *природному явлению*, проявляющемуся в нашей планете, свойственному не только одному нашему небесному телу, геологически длительному.

Я могу указать отвечающее ему земное явление только как *научную гипотезу*, которая может быть проверена в дальнейшем ходе научного знания.

Как такую гипотезу я выдвигаю представление о том, что *таблица Филлипса – Кларка – Фохта дает нам средний состав былых, измененных в ходе геологического времени, биосфер, выражает химическое проявление наружной поверхности нашей планеты в ходе геологического времени.* Мы увидим в дальнейшем, что в «земную кору», состав которой определен таблицей, входит несколько геологических оболочек (§ 18) – биосфера, стратисфера, метаморфическая и гранитная оболочки. Все они когда-то в длении геологического времени находились на земной поверхности, были *биосферами*. Все они генетически между собой связаны, взятые в целом, представляют одно явление.

Стратисфера – оболочка осадочных пород – в значительной мере явно биогенного происхождения и находится почти всецело в области подземной жизни. Ниже лежащая *метаморфическая оболочка* в значительной степени состоит из измененных под влиянием давления и более высокой температуры осадочных пород. Уже в области метаморфических пород мы находим зарождение очагов высокой температуры, приводящих в конце концов к магматическим расплавам.

С углублением в более глубокие слои число и значение очагов местами увеличивается, и, *опять-таки, местами же*, более глубокие метаморфиче-

ские породы проникнуты инъекциями магматических, иногда расплавленных пород.

Нигде мы не встречаем сплошного слоя, облекающего всю планету, *расплавленной магмы*. В геологических разрезах мы не видим и следов бывшего существования такого явления на нашей планете. Наибольшими формами ее бывшего нахождения являются *батолиты гранитных пород*. Ничто не противоречит допущению их нахождения местами и сейчас в расплавленном виде на больших глубинах, нам недоступных¹.

6. Вся атмосфера и прилегающие к ней земные оболочки находятся в непрерывном движении, результаты которого становятся нам явными только в аспекте геологического времени.

Перемещение участков литосферы – суши, с одной стороны, и моря – с другой, характеризует окружающую нас природу. Тектонические нарушения в каждый данный геологический момент сосредоточиваются в определенных подвижных областях, которые мы можем изучать главным образом в законченных формах, – в геосинклиналях, в горных образованиях, в орогенах и т.д.

В результате орогенических процессов происходят вертикальные смещения земных твердых построений, которые нам кажутся грандиозными, но реально существующего движения которых мы в нашей обыденной жизни не замечаем. Каждое вертикальное перемещение резко меняет всю обстановку явления и сопровождается разнообразнейшими химическими перегруппировками. В результате Эверест подымается до 8,88 км над уровнем геоида, дно морское в 110 км на восток от Филиппин опускается на глубину 10,79 км. Размах движений достигает почти 20 км.

Процессы поднятий и опусканий по вертикали не прерываются ни на секунду; в области биосферы это явление особенно резко сказывается, так как здесь мы имеем для их выявления свободное, практически бесконечное, газовое пространство – *тропосферу*.

Денудация сглаживает все неровности суши, горы имеют предел своей высоты, непрерывно разрушаются, и в то же время из глубоких частей, глубже биосферы лежащих, непрерывно идут сложно-вертикальные смещения земных масс.

Я не могу входить в анализ этих всем нам известных явлений. Но мне необходимо подчеркнуть один вывод, который может быть сделан из всех этих непрерывно происходящих движений. Я должен его подчеркнуть, потому что сейчас господствует противоположное представление о сжатии Земли, т.е. уменьшении ее диаметра в длении геологического времени. Оно основано на космогонических представлениях, а не вытекает из данных научных наблюдений.

Вывод этот можно выразить так: *средний верхний уровень биосферы – нижней границы тропосферы – не смещается от центра планеты в течение геологического времени*. Земля не расширяется и не сжимается в течение

¹ Еще в 1934 г. я, считая возможным говорить о магмосфере, не считал возможным отбросить целиком вековые представления о расплавленной земной оболочке. Сейчас это представление явно теряет свою опору в данных и основанных на них представлениях, как геологических, так и радиогеологических.

геологического времени, т.е. в течение двух миллиардов лет, со времени катархея по крайней мере. За все это время физико-географические условия планеты, ее биосферы в частности, оставались теми же, в основном, какие мы наблюдаем теперь. Принцип актуализма мне представляется выражением реальности. На всем протяжении геологических явлений, научно нами охватываемых, мы видим на планете существование жизни, существование биосферы. Можно, мне кажется, защищать это утверждение как вывод из точного научного наблюдения в пределах двух–трех миллиардов лет. Биосфера все это время существовала, и, следовательно, температура, химические процессы, солнечные излучения не выходили из рамок сейчас наблюдаемого – геологические перемещения, реакции в биосфере глубоких частей планеты, процессы выветривания и метаморфизма были в общем те же. В геологии мы не видим – в пределах наблюдения – катастроф и резких нарушений устойчивости динамического уклада планеты.

Если они и были, – мы пока никаких проявлений их в наблюдаемых явлениях не видим и можем оставить их в стороне в нашей работе.

Мы не видим в геологии ни начала, ни конца. Этот афоризм Д. Геттона господствует в нашем мышлении сейчас, как он господствовал в 1780-х годах, когда он был им высказан в Эдинбурге. Он даже для нас сейчас более понятен, чем в его время, когда он обсуждался в кружке крупных ученых шотландцев и англичан, составлявших круг Геттона, имена которых для нас и теперь живы: Адам Смит, Блэк, Уотт...

Ибо сейчас мы должны переносить те силы, которые определяют геологические процессы, в само вещество нашей планеты, а не выявляющуюся в нем среду.

Этот совершившийся в геологическом понимании переворот, к сожалению, не достаточно усвоен геологической мыслью в нашей стране, которая явно отстает от того пути, на который уже твердо ступила передовая геологическая мысль человечества.

7. Прежде чем перейти к этому вопросу, я хочу еще вернуться к гранитной оболочке как к устойчивому в земных условиях *конечному* изменению вещества биосферы.

В биосфере мы всегда имеем дело не только с органогенным материалом, но и с продуктами поверхностного разрушения местообитаний организмов – воздушного и водного с осадочными породами, с вулканическими продуктами, с газами, с туфами, с лавами. Количество вулканических очагов на нашей планете относительно невелико – несколько сот, если мы будем считать системы «вулканов» (например, 2000 на островах Галапагос) за единицы наравне с единичными вулканами. Оно окажется даже ничтожным в размерах планеты. Но если учесть долгое, геологически длительное время, в каком проявляется вещество в биосфере и в каком проявляются вулканы – всегда геологически краткотечные, – эффект действия вулканических сил будет в биосфере очень значительным.

Мы знаем к тому же, что вулканическая деятельность в ходе геологического времени меняется в своей мощности. Мы, по-видимому, живем как раз в конце периода ее усиления, длящегося с плейстоцена миллионы лет – больше 10.

Реально, вещество биосферы (такого сложного строения) в ходе указанных процессов в геологическом времени, переходя частью через стадию метаморфизации, превращается в гранитные массы.

Когда мы встречаемся с гранитными областями, мы везде наблюдаем сложность их строения, но мы не выходим из области давлений, не превышающих тысяч атмосфер, и температуры – немногих сотен градусов.

Несомненно, что температура биосферы, в местах жизни, по нашим современным представлениям, не может превышать 90 °С. Но приспособляемость – пластичность – живых организмов чрезвычайно, подземная глубинная жизнь только что начинает изучаться.

Мы должны быть здесь очень осторожны в выводах.

8. Гранитные породы не могут быть приравняемы к обычным массивным плутоническим породам. Они могут давать начало таким породам, например, в жильных своих образованиях, но это не характерное их основное проявление, это вторичное явление. Я не могу, конечно, здесь на этом останавливаться, но отмечу два-три факта, характеризующие граниты в отличие от других пород.

Во-первых, надо учитывать, что существование их батолитов, выходящих по величине за пределы массивов других массивных интрузивных пород, позволяет признавать для них особые условия образования.

Во-вторых, граниты не образуются из чистых алюмосиликатовых расплавов, как это мы имеем для других плутонических пород. Гранитные расплавы, по опытам Горансона в Геофизической лаборатории в Вашингтоне, *богаты водой* и кристаллизуются при более низких температурах. Расплавленный гранит при новом застывании и расплавлении не дает гранита.

Образование ими гранитной оболочки, облекающей всю планету (оболочка эта представляется более чем вероятной), тоже указывает на особое их положение в строении планеты. Значение воды в гранитном расплаве всецело отвечает пониманию гранита как конечного продукта расплава вещества биосферы. Ибо сама биосфера может быть рассматриваема как *водная оболочка*, не говоря уже о гидросфере и тропосфере, в нее входящих. Все живое вещество, взятое как химический субстрат, может быть рассматриваемо как *водное тело*.

Возможно, что гранитные образования в связи с этим образуются при особых энергетических условиях.

Я думаю, что *брошенная М. Люжоном идея* о значении для расплавления гранитов той энергии, того нагревания, которое создается при горообразовании, энергии, в конце концов сводимой к *тяготению*, заслуживает серьезно-го внимания.

9. В наших прикладных расчетах, в учении о рудных месторождениях, мы, прежде всего, пользуясь таблицей Филлипса – Кларка – Фохта, рассматриваем их в аспекте *земной коры*. Ясно сейчас, что такое представление является слишком абстрактным. В реальных условиях окружающей человека природы и в связанных с этим прикладных расчетах техники надо исходить из геохимических явлений, не идущих так глубоко, как это выявляется для земной коры, средний химический состав которой отвечает гранитной оболочке. Мы знаем, что биосфера, в отличие от средних чисел земной коры, в разных своих точках чрезвычайно *химически разнообразна*. Это ярко вы-

ражается в геологической карте, хотя в ней, по условиям ее построения, это различие даже выражено в уменьшенной степени.

Для выяснения концентрации химических элементов в области жизни человека надо, таким образом, обращаться не к среднему составу земной коры, а к реальному составу биосферы в данном участке геологической карты.

Мы живем и работаем не в земной коре, а в биосфере, состав и строение которой обычно резко отличаются от состава земной коры и которая, как мы увидим, только связана с земной корой и связана более сложно, чем мы это обычно принимаем, и логически должна быть от земной коры отделена.

10. Во всем дальнейшем рассуждении я исхожу из основного положения *радиогеологии*, что в природе атомный состав вещества, в том числе и земного, является самодовлеющим источником действенной энергии, могущей, исходя из него, быть вычисленной.

Мы видим, таким образом, что химический атомный состав земной коры есть своеобразное *геологическое явление*. Это одно из многих проявлений *вещества планеты* как активной решающей геологической силы.

В веществе планеты, в атомных его свойствах, в его атомном составе, мы должны искать причину многих основных геологических явлений.

Это новое научное представление не сознается в своем значении у нас, в нашей геологической работе и мысли.

Вещество планеты – мощный источник энергии геологических процессов.

11. Поэтому я считаю необходимым обратить ваше внимание на связанное с этим состояние геологии в настоящий исторический момент и на необходимость для нас, для всех геологов, коренного пересмотра некоторых господствующих представлений и активного выяснения своего отношения к тем новым воззрениям, которые на наших глазах все глубже проникают в геологию. Мне кажется, мы находимся сейчас на переломе, и нельзя, как делает, к сожалению, огромное большинство наших геологов, закрывать глаза на происходящее, нельзя не принимать участия, активного участия, в происходящем научном переломе, ломающем привычные представления. Попытка остановить у нас это движение, печальный факт в истории нашей научной мысли, была сделана в 1933–1934 гг. ЦНИГРИ; она, как и надо было ожидать, кончилась полным провалом, но задержала и сильно ослабила тогда работу Радиевого института года на два. Сейчас положение стало еще более резким, так как за последние два года (1938–1939) в учении о радиоактивности и в радиогеологии, в частности, достигнуты крупные успехи и вскрылись новые явления, еще более усиливающие – отчасти неожиданно для всех нас – значение радиогеологических процессов для геолога.

Я могу сейчас остановиться на этом лишь кратко, попутно.

12. Мы видим, что таблица Филлипса – Кларка – Фохта атомного химического состава земной коры отвечает определенному *геологическому явлению* в истории нашей планеты.

Такое геологическое проявление *вещества нашей планеты* есть то новое, что вносится сейчас в геологию и что должен учитывать в работе геолог. Это проявление глубокого охвата явлений геологии атомными представлениями, мне кажется, – поворотный момент в ее истории.

Атомы не являются материальными телами, чуждыми и инертными в той среде, в которой они существуют. Они *активно* в ней отражаются, являются *носителями свободной энергии*. И эта энергия проявляется в геологических процессах каждодневно, а в ходе геологического времени оказывается основной и огромной по мощности.

Для ряда химических элементов – радиоактивных – мы ясно видим, в чем такое их свойство выражается. Мы видим, что эти атомы проявляют – неизбежно и вне всякой возможности остановить это проявление – *движение материального характера, обладающее не существующей в обычных геологических явлениях скоростью*. Я могу назвать эту скорость, чуждую обычным геологическим процессам, *космической скоростью*, ибо она превышает скорость движения солнечной системы – 17,5 + 0,6 км в секунду (по В. Кемпбелю) – ту скорость, которую никогда не может превзойти чисто *планетное материальное движение*.

Мы знаем, что радиоактивные химические элементы обладают в движении выделяемых ими материальных частиц скоростью, превышающей 20 000 км в секунду. Уже тогда, когда это было открыто, Ф. Содди был одним из тех немногих, которые (другие – теперь уже покойные Э. Резерфорд и М. Кюри-Склодовская) сразу поняли, в чем заключается тайна радиоактивности, – в *распаде атома*. Он тогда уже указал на возможность и вероятность того, что нерадиоактивные обычные химические элементы только потому кажутся нам инертными, косными, что процесс их распада более медленен, сопровождается меньшим энергетическим эффектом и потому недоступен *пока* научной методике. Но распадение идет с космической скоростью.

Я должен здесь подчеркнуть, что все наши геохимические и геологические данные все больше нас убеждают в правильности этой идеи.

13. Прежде чем идти дальше, я хочу подчеркнуть значение эмпирического вывода о своеобразном геологическом проявлении материальных частиц, движущихся в земной коре с космической скоростью.

Все эти проявления связаны с атомами, в теперешнем нашем представлении о распадении атомного ядра – с явлениями не химическими (которые мы теоретически относим к окружению атома), а *радиоактивными*.

На наших глазах с каждым годом все больше и резче такие процессы являются в своем значении в просторах Космоса. Под давлением изучения материального и энергетического проявления этих просторов, под давлением эмпирических фактов наши представления об их физических свойствах резко меняются. Атомные проявления коренным образом, с каждым годом все глубже и ярче, охватывают *астрофизику*. Она перестраивается на наших глазах; резко меняется картина Космоса, тысячелетия остававшаяся почти неизменной и неподвижной в людском представлении. Сейчас мы видим здесь непрерывно меняющуюся на наших глазах среду, в которой неподвижный, казалось, звездный мир является иллюзией. Ученый идет здесь с каждым годом все дальше и глубже, опираясь не только на опыт и наблюдение, но и на научную, быстро растущую теорию – *научную теорию строения ядра атомов*, помогающую находить новые факты и новые космические проявления атомов. Под этим влиянием создается новая картина Космоса, сейчас нам известная лишь в первых очертаниях.

Атомная теория сейчас основывается столько же на научном опыте физиков и химиков, сколько на научном *наблюдении* астрофизиков.

14. Эта космическая среда, в которой наблюдаются, прежде всего, движения материи и энергии со своей космической скоростью проявления – в космических просторах господствующей, – неотделима от нашей планеты, но достигает ее только своими слабыми отголосками.

Три явления могут быть сейчас отмечены, но, по-видимому, мы находимся лишь в начале понимания проблемы.

Во-первых, *электромагнитное поле Солнца* захватывает ионосферу нашей планеты, внося в нее связанные с ним радиации Солнца и движущиеся с космической скоростью материальные его корпускулы.

Во-вторых, из-за внесолнечных пределов, может быть, даже из-за пределов вне нашей Галактики, глубоко проникают в нашу планету *космические излучения*, вызывающие, по-видимому, на Земле (и в Космосе) среду *рассеяния* элементов, независимо создаваемые и радиоактивным распадом земных химических элементов.

И, в-третьих, в земную среду входят непрерывно с космической скоростью, сгорают и вызывают ряд быстро проходящих, но в совокупности непрерывных, процессов земного вещества, в конце концов, с потерей космической скорости, выявляющихся нами как космическая пыль, падающие звезды, часть серебристых облаков, газовые новообразования, наконец метеориты.

Это начало нам научно известных, но не оцененных в своей совокупности и в значении явлений. Ближайшее будущее вскроет нам здесь много нового и сейчас нам не видного.

И, наконец, в ту же область явлений космической скорости входит все *вещество нашей планеты*, прежде всего, ясно для нашего понимания, *радиоактивные элементы*, временно такими становящиеся другие обычные элементы и, наконец, как я уже указывал, все элементы, все атомы. Причина радиоактивности нам неизвестна, и, очевидно, распадение атомов и атомная энергия, с этим связанная, являются основной в нашем теперешнем представлении, наряду с тяготением, чертой строения Космоса и нашей планеты.

15. Прежде чем перейти к биосфере, я считаю себя вынужденным обратить внимание Академии на недопустимую дальше отсталость нашей геологической работы в этой области геологии, которая может быть названа *радиогеологией*. Так дальше без глубокого вреда для дела продолжать мыслить нельзя.

Дело в том, что сейчас геология в нашей стране переполнена представлениями далекого прошлого, неверность и ненужность которых давно доказана, учтена мировой научной мыслью – особенно в странах Северной Америки.

У нас геологи не учли, что *причина* проявлений высокой температуры на нашей планете *найдена* и спору и сомнению не подлежит. Наша планета, как и все другие, поскольку они известны, есть тело, по *существу*, *холодное*, и повышение ее температурного состояния вызвано двумя процессами: лучеиспусканием Солнца и атомной, вернее ядерной, радиоактивной энергией. Первое так глубоко проникло в науку, что мы забываем, что оно было в свое время принято с большой борьбой и вошло в науку окончательно только немногим более 100 лет назад (в 1820-х годах) после работ Фурье; вторая до сих пор в нашей геологической среде вызывает сомнение или иногда просто

отбрасывается. Хуже всего, что молодежь, наша научная смена, воспитывается в уверенности, что эти сомнения являются не *научной ошибкой*, а допустимым научным скепсисом, осторожностью научной мысли. Я не знаю у нас ни одного учебника геологии для высшей школы, даже среди лучших, где бы сознание происшедшего перелома отразилось должным образом. Если я не ошибаюсь, в нашей средней школе продолжают преподавать космогонии как реально допустимые или как научные теории – представления, корни которых идут вглубь средних веков, в XVII в., которые вошли в сознание и отражают философию просвещения XVIII в. и давно, уже десятки лет, наукой отвергнуты.

Та тепловая энергия, которая связана с *химическим составом земного вещества*, с концентрацией в нем радиоактивных химических элементов, которые наблюдаются в окружающих горных породах, вполне, с огромным излишком, достаточна для научного объяснения всех тепловых и динамических процессов, нашей планете свойственных. Больше того, гранитная оболочка, богатая радиоактивными атомами, не может продолжаться глубоко внутрь планеты: наблюдаемый тепловой (по сути, холодный) режим Земли резко этому противоречит.

Особенно это недопустимо после новых крупных успехов в учении о радиоактивности, достигнутых в 1938–1939 гг.

Опыты над распадением тяжелых атомов – урана, тория – недавно вскрыли новые явления, раньше неизвестные. Они вскрыли новый фактор, имеющий, мне кажется, большое значение в геологических процессах. Они выяснили значение *нейтронных реакций*. *Из* связи с этим становится ясным, что мы должны считаться с гораздо большей интенсивностью на Земле теплоиспускания радиоактивных элементов, чем это думали, например, во время Геологического конгресса в Москве в 1937 г., когда мне пришлось в последний раз выступать с докладом по радиогеологии.

В связи с этим перед нами впервые открывается надежда научно подойти к разрешению одной из *основных геологических загадок*, которая не получала до сих пор никакого удовлетворительного ответа и в сущности не охватывалась ни одной из космогонических теорий.

К решению мы не могли подойти и исходя из того, что было нам известно до 1938 г. в области радиоактивности. Но, опираясь на эту область явлений, мы уже тогда твердо знали, что наше понимание этих процессов начальное, и мы могли быть уверены, что дальнейшее движение по этому пути приведет к разрешению загадки.

Мне кажется, что мы сейчас в радиогеологии к такому разрешению подходим.

Я говорю о *вулканизме* в широком смысле этого слова, о причинах и источниках энергии *вулканических извержений и магматических очагов*.

До сих пор геолог никакого сколько-нибудь конкретного ответа на вопрос о причинах этих явлений дать не мог. А между тем это явление ясно видно на протяжении всех геологических процессов с катархеоза.

Нейтронные реакции, которые имеют характер цепных реакций, как показал недавно Нельцин в Париже, позволяют, по-видимому, подойти к научному изучению этой проблемы.

Существование нейтронных излучений из гранитов Средней Азии было недавно указано Горшковым и его сотрудниками. Идея Нельцина должна быть проверена не на гранитах, а на вулканических породах, особенно самых молодых и свежих.

Как раз об этом мы сговаривались этим летом в Узком с недавно ушедшим из жизни крупнейшим исследователем вулканизма в нашей стране, дорогим долголетним моим другом и моим учителем Ф.Ю. Левинсон-Лессингом. Мы думали в ближайшую сессию поставить на обсуждение эту проблему. Ему не суждено было принять участие в этой работе. Но она должна быть сделана.

16. Биосфера занимает совершенно определенное положение в нашей планете, является проявлением ее организованности. Для понимания ее химического состава необходимо это точно учесть. Она коренным образом резко отличается от *земной коры*. Понятие «биосфера» ввел в геологию Э. Зюсс в своей работе о происхождении Альп 65 лет назад. Он вновь вернулся к нему в «Лике Земли», оказавшем огромное влияние на геологическую мысль в конце XIX – начале XX в. Но в том понимании, в котором это понятие сейчас входит в жизнь, в геохимию и в связанные с ней области проблем, в биогеохимию, например, – оно не вполне совпадает с понятием Зюсса. Я не буду здесь углубляться в выяснение этого различия, а буду исходить из того понимания биосферы, какое сейчас вошло в жизнь в геохимии. К сожалению, геологи недостаточно глубоко используют эти представления, которые в геофизике и в геологической ее трактовке уже приобретают первостепенное значение.

Я буду исходить из следующего, сведенного в таблицу (§ 18) представления, отвечающего, мне кажется, эмпирическим данным геологии, геохимии и геофизики о структуре планеты; буду касаться только в нужной мне для данного доклада степени, возможно кратко.

Можно сейчас утверждать как научный факт, что наша планета состоит из *концентрических оболочек*, устойчивых и прочных во времени, но находящихся в непрерывном, более или менее резко проявляющемся, закономерном изменении.

Эти концентрические оболочки находятся в состоянии устойчивого динамического равновесия, которое можно, в отличие от механизма планеты, назвать *организованностью планеты*. Отличие организованности от механизма в основном заключается в том, что в ходе временидвигающиеся точки никогда не возвращаются в то же *самое* положение – они возвращаются только в *близкое*.

Говоря о концентрической последовательности геологических оболочек и геосфер, мы должны понимать их не как геометрически правильные концентрические объемы пространства планеты, отграниченные шаровыми и эллипсоидальными поверхностями. Ясную картину реальной оболочки дает, например, граница тропосферы на суше. На океане она очень приближается к пространству, ограниченному эллипсоидальной, почти шаровой поверхностью, а на суше ограничивающая поверхность чрезвычайно неправильна – она в Гималаях подымается больше чем на 8 км от уровня геоида, а в Восточно-Африканских впадинах лежит много ниже уровня геоида.

Когда я говорю о концентрических оболочках и о геосферах, я говорю не об идеальных их моделях, а о реальных формах. Я буду различать в этих

концентрических оболочках более крупные подразделения – *геологические оболочки* – и более дробные их подразделения – *геосферы*.

Никакого объяснения этому эмпирическому обобщению сейчас дать мы пока не можем. Мы должны пока брать его как научный факт, научное наблюдение.

Ясно, однако, что это явление сложного происхождения, сложившееся в ходе геологического времени, можно сказать, явление *планетное*, земное в частности, отражающееся коренным образом на всех явлениях, имеющих место на Земле, и на всех научных исканиях, с Землей связанных.

17. Можно свести это строение из *геологических оболочек и геосфер в таблицу* (§ 18), которая является научным *эмпирическим обобщением*, является научным фактом – основным геологическим явлением, в котором мы начинаем разбираться и которое в его значимости мы только начинаем сознать.

Геологические оболочки и геосферы представляют область изучения, которая характеризует Землю как планету. И те и другие характеризуют *Землю как целое*. Оболочки и геосферы очень часто являются сплошными концентрическими отрезками, но в некоторых случаях могут занимать только часть (может быть, большую) концентрического пространства, ограниченного – в идеале – шаровыми поверхностями, и не охватывать всю планету.

Это явление, не отвечающее характеру тела, вращающегося вокруг оси, представляется нам явлением *вторичным*, нарушающим его первоначальную симметрию.

Пока мы не можем дать никакого объяснения, – должны искать его. В данный момент, мне кажется, можно оставить в стороне все гипотетические попытки объяснения. Важно, прежде всего, точно установить факт нарушения симметрии, характер диссимметрии и ее изучить.

Пока ясно, что такая диссимметрия строения связана с характерной чертой строения Земли, с Тихим океаном, с *гидросферой*. Под Тихим океаном не существует ни стратисферы, ни метаморфической оболочки, ни гранитной оболочки. Наши знания здесь так недостаточны, что мы можем ожидать много неожиданностей.

Сводя в таблицу состояние наших знаний о геологических оболочках и геосферах, я оставляю в стороне всякого рода теоретические построения и включу только то, что вытекает из опыта и наблюдения (§18).

При суждении об этой таблице надо принимать во внимание резкое различие в достоверности нашего знания, правда быстро улучшающегося. Наши знания в направлении космических просторов, концентрических геологических оболочек, лежащих выше биосферы, значительно более точны, чем знания земных глубин, что связано, конечно, прежде всего с тем, что газовая среда, с которой мы имеем здесь дело, более доступна нашему зрению, основному фактору познания картины нашей природы.

По мере удаления вглубь и ввысь от области жизни – биосферы – наши знания становятся все более неполными и, вероятно, через немного лет изменятся по сравнению с современными.

Важно только не включить чего-нибудь такого, что вскоре должно быть вычеркнуто, и не пропустить чего-нибудь основного из-за лишнего скепсиса.

Я дам сперва таблицу геологических оболочек и геосфер, как они, мне кажется, сейчас выявляются, и затем дам краткие, мне кажущиеся нужными, разъяснения.

18. Вот эта таблица.

ТАБЛИЦА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК И ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ

I. Электромагнитное поле Земли. Физический вакуум захватывается электромагнитным полем Солнца. Примерно от 500 и выше 1000 км от уровня геоида. Следует суточному вращению планеты. Возможно и проникновение материальных частиц из Солнца (водород) и Гадаксии. Это поле не есть, инертная среда, и материально-энергетический обмен с Космосом нашей планеты начинает в нем выясняться как характерное проявление структуры планетной системы.

II. Ионосфера. Разреженный газ из атомов и ионизированных атомов. Сильное электромагнитное поле. Космическое и солнечное излучения играют большую роль. Распадается на ряд геосфер: F_2 -А (сверху). Примерно от 500 до 100 км вверх от уровня геоида. *Температура повышается* непрерывно кверху. На 235,6 км, по наблюдениям Ф. Уиппля (1939), она равна 100° .

III. Стратосфера. Верхняя граница условно 100 км. Нижняя колеблется от области минимальной температуры газовой массы планеты, открытой Тейссеран де Бором в 1902 г. (точка инверсии). Нижняя граница колеблется в пределах 9–15 км. Наименьшая наблюдавшаяся температура – 98° . *Температура кверху непрерывно повышается.* По Ф. Уипплю (1939), на высоте 43,4 км она равна $+20^\circ$. Газовый состав, разрежающийся кверху с неизменным, тем же, что и в тропосфере, отношением $N_2:O_3$, не *зависимым* от высоты над уровнем геоида. Пары воды, по-видимому, отсутствуют. Человек проникает в нижние слои стратосферы.

IV. Биосфера распадается на три *геосферы*: *тропосферу* (наша атмосфера), *гидросферу* (Всемирный океан), *литосферу* (сушу). Здесь впервые мы встречаемся с несплошными геосферами, охватывающими не всю планету, с резко выраженной диссимметрией, явно связанной с частью гидросферы – с Тихим океаном.

Тропосфера мощностью 9–12 км, кверху непрерывно переходящая в стратосферу; это наша *атмосфера, воздух*— она есть последняя сплошная газовая оболочка, охватывающая всю планету. Она проникает всю гидросферу, образуя *подводную тропосферу, давление которой независимо от давления массы воды.* Тропосфера в виде *подземной тропосферы* проникает и всю литосферу.

Мощность *гидросферы* в среднем 3,8 км, мощность *литосферы* больше 3 км от уровня суши.

Общая мощность биосферы, таким образом, от 12 до 16 км.

В гидросфере приходится выделять большую ее часть – *Тихий (Великий) океан*, который выполняет впадину, имеющую совсем другое строение, чем вся биосфера. В ней нет стратисферы, метаморфической оболочки, гранитной. Возможно, здесь находится уменьшенная в размерах *подгранитная оболочка* – VII – тяжелых пород.

Под всей сушей V–VIII оболочки существуют.

Нижний уровень их различен в разных местах, в пределах 37–65 км от уровня геоида.

Можно считать открытым для научных гипотез явление резкой диссимметрии – особое происхождение впадины Тихого океана. Область этих явлений требует пристального внимания.

Вся биосфера, включая тропосферу во всех ее формах, находится в непрерывном движении. Температура свободной *тропосферы кверху понижается*, температура *гидросферы понижается книзу*, температура *литосферы (с проникающей ее подземной тропосферой) постепенно повышается* глубиной. Состав тропосферы в основной ее части – отношение $N_2 : O_2$ в воздушной и в подводной ее части – тот же в основном, что и в стратосфере. В подземной части тропосферы кислород быстро исчезает (*кислородная поверхность*), резко создается *азотная подземная атмосфера*.

Одно космическое явление характеризует биосферу. Здесь заканчивается проникновение всех космических радиаций в вещество нашей планеты. Они охватывают всю тропосферу, проникают в гидросферу, вернее, в ее верхние 1–3 км, по крайней мере, и на сотни метров входят в вещество литосферы. К сожалению, нижняя граница их не установлена.

Вещество биосферы резко и глубоко *неоднородно*. Это, с одной стороны, *живое вещество* (совокупность живых организмов), богатое действенной энергией, создаваемое под влиянием космических излучений, а с другой стороны – *косное вещество*, действенная радиоактивная и химическая энергия которого в подавляющей его массе *в аспекте исторического времени* ничтожна. Живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы, действенная его энергии по сравнению с энергией косного вещества *в историческом времени огромна*. Живое вещество есть самая мощная геологическая сила биосферы, растущая с ходом времени. Оно не случайно и независимо от нее в ней живет, но есть проявление физико-химической организованности биосферы.

Человек живет в биосфере. Природа биосферы есть та природа, которую он может максимально познавать и от которой исходит для познания Космоса и других геологических оболочек планеты – проникает в ее недра.

V. Стратисфера – выделенная Э. Зюссом оболочка осадочных, главным образом морских и обломочных, а также терригенных пород. Под глубинами гидросферы отсутствует. Не является сплошной. В течение геологического времени мощность, начиная с кембрия и кончая кайнозойем, могла бы достигнуть 120,6 км (по К. Шухерту, 1931). Температура достигает 100° (в различных местах по-разному) уже в немногих километрах вниз от уровня земной поверхности. По месту в планете в стратисферу должны быть включены вулканические породы – лавы, покровы и туфы, выливающиеся на земную поверхность, на дно Океана или останавливающиеся, не доходя до биосферы.

VI. Метаморфическая оболочка. Отсутствует под Тихим океаном. Благодаря высокой температуре, проявляющейся уже в стратисфере и усиливающейся по мере углубления, непрерывно увеличивающемуся давлению и непрерывному проникновению горячих растворов и газов снизу, все вещество стратисферы перекристаллизовывается в ходе геологического времени и переходит в очень определенные, новые минералы и их комплексы, *в метаморфические породы*. Можно различить две, относящиеся сюда геосферы:

верхнюю и нижнюю метаморфические оболочки. В нижней геосфере резко выступает проявление давления. Мощность метаморфической оболочки различна в разных местах. Кристаллические решетки и молекулы нижней геосферы характерны своей комплексной структурой.

VII. Гранитная оболочка. Отсутствует под Тихим океаном. По-видимому, гранитная оболочка начинается на глубине 12–25 км от уровня геоида, но эта верхняя граница не может считаться ясно определенной. Ее мощность может исчисляться 35–40 км, но эти цифры не надежны. По-видимому, есть общий перерыв механических свойств (суша) на глубине около 60–63 км от уровня геоида. Вероятно, на этом уровне (60–100 км от уровня геоида) мы входим в VIII геологическую оболочку, *оболочку тяжелых силикатовых образований*, в оболочку, которую без всяких оснований называют *дунитовой, перидотитовой* и т.д. С геохимической точки зрения такое название, связанное с двумя предположениями, вошедшими с легкой руки Э. Зюсса, назвавшего ее *Sima*, т.е. богатой Si и Mg, – недопустимо. Мы не имеем никаких оснований допускать уменьшение с глубиной количества алюминия и увеличение количества магния. Я буду называть ее тяжелой подгранитной оболочкой.

VIII. Тяжелая подгранитная оболочка. Она, по Гутенбергу (1939), отсутствует под Тихим океаном¹, но это не является еще доказанным. Возможно, что она уменьшена в мощности. Область неустойчивого равновесия здесь заканчивается или близка к концу. «Подвижная земля» Дэли, область дислокаций, охватывает, таким образом, область земных явлений от биосферы до этой *оболочки тяжелых силикатовых образований* включительно. В последней она постепенно сходит на нет. Это представление явно временное. Широко распространенные сейчас в геологии представления о ней требуют коренной перестройки и явно не отвечают современному уровню знаний. Несомненен один факт – *большой удельный вес этой оболочки* – 3,5–4,5. Говорить о дунитовых или перидотитовых породах, о яркой роли магния, опираясь на факты, нельзя. Глубже 60 км от уровня геоида вещество становится резко *пластическим*, и твердое состояние химических соединений неотличимо от *жидкого*. Для силикатов, алюмо- и феррисиликатов можно говорить о пластическом состоянии – *стекловатом*. Геохимически нет ни малейших указаний на большую роль магния и на резкое уменьшение значения алюминия. Наоборот, значение алюминия и особенно железа должно увеличиваться. Силикаты, алюмо- и феррисиликаты железа, надо ожидать, будут играть большую роль с углублением внутрь планеты. Их кристаллические ячейки, не существующие в качестве монокристаллов, но не разрушимые давлением (какое здесь имеет место), должны отвечать идентичным плотным *молекулярным* структурам. Каолиновые тетраэдры (AlO_4), (SiO_4), (FeO_4) должны господствовать.

Где-то, едва ли близко к 60 км, возможно, много глубже, достигается в этой оболочке *максимальная температура планеты*.

В гранитной оболочке и в низах метаморфической мы встречаем *магматические очаги*, происхождение которых, возможно, связано с нейтронными реакциями радиоактивного распада.

¹ Под Тихим океаном, вероятно, твердая.

Ниже этой поверхности, в оболочке тяжелых силикатовых образований, где, можно думать, преобладают Si – Al – O – Fe, температура с углублением *должна понижаться*, ибо, насколько известно, источник теплоты – количество радиоактивных атомов – быстро уменьшается.

В пластическом силикатовом веществе должны сохраняться газовые проявления, – иначе нам непонятны пока смещения вещества, связанные с глубинными землетрясениями, в районе Тихого океана – на глубине *сотен километров от уровня геоида*.

Силикатовая оболочка идет до глубины, по крайней мере, 1200 км.

IX. Силикатовая пластическая оболочка, заключающая более тяжелые металлические выделения. Возможная, многими считаемая установленной. Фактом этого считать пока не можем.

X. Металлическое сдавленное ядро планеты, в котором, по-видимому, преобладает α -железо – ферромагнитная полиморфная разность железа. Его существование объясняет *магнитное поле и высокий удельный вес планеты* в целом. Надо отметить, что удельный вес этой металлической части планеты, учитывая давление, выше удельного веса железа (больше 8 вместо 7,5). Возможна смесь ферромагнитной разности железа с более тяжелым металлом (едва ли никель – недостаточно тяжелый).

Температура металлического ядра, вероятно, сравнительно низкая. Может быть, *ядро холодное*.

19. Надо отметить еще некоторые явления, о неизбежном проявлении которых мы не должны забывать, когда имеем дело с областями больших глубин, т.е. с земными недрами, с глубинными оболочками.

Это термодинамические области, на которые мы не можем переносить без ярких поправок явления, изучаемые нами на земной поверхности.

Прав профессор И.И. Заславский, который отметил, что силикаты и алюмосиликаты больших глубин, областей больших давлений, должны больше отвечать другим телам – минералам, чем обычные полиморфные разности силикатов, нам известные.

Небольшой наблюдаемый скачок плотности глубинного материала планеты не позволяет, при полном отсутствии других указаний, предполагать существование резкого изменения его химического состава: силикаты, алюмо- и ферросиликаты кальция, магния, железа, натрия, калия должны по-прежнему резко преобладать.

Но они должны в главной своей массе отвечать новым атомным структурам – молекулам и монокристаллам – этих элементов, таким, которые устойчивы в глубинных термодинамических полях планеты большого давления и относительно низкой температуры. Тетраэдрическое распределение атомов кислорода вокруг атомов алюминия, кремния, железа должно здесь выявляться еще более резко. Молекула не разрушается в этой термодинамической среде, не разрушаются, следовательно, и кристаллические пространственные решетки.

Существование под гранитной оболочкой основных пород основывается только на научной гипотезе, построенной на космогонических представлениях. Э. Зюсс, исходя из них, пытался в своем представлении о «Сима», лежащей ниже гранитной оболочки, использовать идею А. Добрэ и С. Менье, исходивших из сравнения метеоритов с земными породами (что

сейчас едва ли допустимо). Он, как и Добрэ, искал в окружающей нас среде эмпирические данные, подтверждающие космогонические представления, по существу дедуктивные и связанные с чуждыми нашей планете явлениями (§ 20).

В 1860–1870-х годах можно было думать, что метеориты, независимо от космогонических представлений, могут помочь разобраться в строении нашей планеты. В 1930–1940-х годах мы можем утверждать, что эта надежда, благодаря росту метеоритики, с одной стороны, и успехам геологии – с другой, отпадает.

Попытки Зюсса опереться на эти идеи в конкретных геологических явлениях, в никелевых рудах и в генезисе земного никелевого железа, кончились полной неудачей.

Мы знаем пока только одно, что *под гранитной оболочкой* идут книзу материальные массы, постепенно переходящие, благодаря давлению, во все более *пластические, стекловатые массы*, в которых отдельные минералы в конце концов исчезают и в которых по мере углубления быстро уменьшаются атомы, находящиеся в состоянии радиоактивного распада.

Эти пластические массы *едва ли могут быть названы горными породами* в обычном понимании. Это – в основе другое природное явление.

В декамириадах геологического времени должна была здесь выработать-ся известная *однородность строения*, нарушаемая термическими явлениями, связанными с радиоактивным распадом атомов, в обстановке увеличения давления по направлению к центру планеты и уменьшения радиоактивного распада в том же направлении. *Давление повышается, температура уменьшается.*

К сожалению, область высоких давлений, химических и физико-химических процессов, с этим связанных, не охвачена опытом в той степени, в какой это сейчас возможно.

Это одна из основных задач геофизики, настойчиво требующая не теоретических построений, а прежде всего, нового научного эксперимента. В нашей стране, к сожалению, эта область экспериментальной физики совершенно отсутствует.

20. В области этих явлений, влияющих на геологическую мысль, однако, прежде всего, необходимо очистить почву, освободить научную мысль от пагубного влияния научно-философских верований, не отвечающих той реальности, с которой здесь имеет дело натуралист.

Я остановлюсь здесь на двух областях – на современном положении метеоритики и учения о радиоактивности в их значении для геологических проблем.

В обоих случаях приходится иметь дело с широким господством среди геологов представлений, не отвечающих современному состоянию этих областей знаний.

Сравнение *метеоритов с горными породами* – специфичным *планетным явлением* – едва ли сейчас теоретически допустимо. Во время Добрэ и Менье и, позже, Зюсса, это было допустимо. Однако в результате столетней работы только небольшая часть метеоритов могла быть включена в систематику горных пород, – но и для нее отличие от земных горных пород не возбуждает сомнений.

Допущение, что в метеоритах мы имеем аналогию с глубинным образованием планеты, что они произошли от разбитой или разорвавшейся планеты, не может сейчас быть введено в научную работу. Я оставляю при этом в стороне само допущение раздробления планеты как реального природного явления, никогда не наблюдавшегося.

Но сейчас и другое обстоятельство заставляет нас относиться с большой осторожностью к этим представлениям первой половины прошлого столетия.

Все ярче и точнее утверждается представление, что метеориты не принадлежат к солнечной системе, а являются галактическими телами, ибо во всех изученных случаях скорость их движения превышает скорость движения солнечной системы. Представление Швиннера о том, что это осколки звезд, не позволяет с какой-нибудь надеждой на успех пользоваться им для суждения о внутренности *планеты*.

Можно, – а я думаю, и должно – сейчас все эти ряды представлений оставлять без внимания в научной геологической работе.

21. Точно так же должны быть оставлены в стороне (как не основанные на научных фактах) все представления о существовании в нашей планете остаточных запасов тепла, связанных с ее догеологическими – космическими – стадиями существования. Их допущение связано с космогоническими представлениями, идущими в тот век, когда геология была в зародыше. Они получили широкое распространение в первой половине XIX в., – наиболее ярко они выявились в лапласовских представлениях. И хотя научные факты этим представлениям о некогда расплавленной Земле не отвечают и астрономы давно уже перестали смотреть на эти и аналогичные представления как на научные гипотезы, – они в геологии до сих пор не изжиты.

В геологии мы не должны считаться сейчас с этими представлениями и должны отбросить их как ненужные и чуждые реальности, в конце концов искажающие наши точные геологические выводы.

Они до такой степени вошли в научную геологическую мысль, что такие геологи, как Д. Джели или А. Холмс, впервые широко использовавшие радиогеологические явления для геологической истории планеты, не решались их отбросить и старались найти компромиссные представления.

Благодаря этому картина крупнейших геологических явлений, выявляемая радиогеологией, сглаживается и искажается. А между тем, она представляет результат точного научного наблюдения и опыта, тогда как космогонические представления, геологию проникающие, являются пережитками философских представлений.

В нашей среде еще сохранилось от далекого прошлого, в действительности уже давно прожитого, но не осознанного, ошибочное представление о примате философских достижений (в том числе и космогонических) над точными научными результатами опыта и наблюдения.

Поскольку дело идет о точно научно установленном факте, он обязателен и независим от философского анализа. Спор может касаться только объяснений, гипотез, теорий.

Во всем дальнейшем изложении я не буду считаться с такими построениями, а буду принимать во внимание только те источники энергии (в данном

случае – теплоты) планеты, которые реально сейчас в научных фактах проявляются.

Среди них на первом месте стоит атомная энергия радиоактивного распада атомов. Она одна с избытком достаточна для объяснения всех связанных с ним тепловых проявлений Земли в ее прошлом и настоящем. Давно пора выбросить из геологии фантазии прошлых представлений, корни которых переплетаются с религиозным христианским пониманием реальности, глубоко охваченным философскими построениями XVI–XX столетий.

Без них можно и, следовательно, нужно обойтись.

II

22. Как мы видели, наши знания о *химическом составе земной поверхности и ее глубин* не только случайны, но, что еще важнее, они связаны – в наиболее изученной своей части – не с реальным строением нашей планеты, а с «земной корой» и с идеологическим представлением, сложившимся в связи с ошибочными представлениями о прошлом нашей планеты.

Что такое «земная кора», выраженная в атомной таблице Филлипса – Кларка – Фохта (§ 2), – можно вывести из анализа того пути, каким она была получена. Мы видим тогда, что она есть *часть биосферы* – вещество, непосредственно доступное нам в образцах для исследования (§ 3). Но оно выражено не в своем реальном разнообразии, в своих резко различных проявлениях в разных местах земной коры, а в *средних величинах*, где все различия сглаживаются.

И все же ясно, что это среднее – важная планетная константа, отвечает гранодиоритным горным породам гранитной оболочки. Возможно, что она отвечает по среднему составу былым биосферам, прошедшим через осадочные метаморфические породы.

Для геохимии для углубления ее проблем средний химический атомный состав такой «земной коры» представляет мало интереса, во-первых, потому, что он территориально обезличен и, во-вторых, потому, что *земная кора* является научно недостаточно ясным, конкретным понятием. Это не особое *естественное* тело. В геологии *земной коры* нет; геолог в ней работает, но она из его работы как *естественное* тело не вытекает.

Геохимия изучает земные атомы, а не только их смеси (химические элементы), как объекты геологических процессов, как естественные реальные тела. Беря атомы, чистые изотопы, мы имеем дело не с десятками, как это имеет место для химических элементов, но с тысячами различных тел. В науках геологических господствует основной прием научного исследования – стремление, куда прежде всего направляется мысль и работа натуралиста, – находить и определять *различия*, а не только сходства. Ибо исследователь из истории науки знает, что ничтожные с обыденной точки зрения различия приводят к явлениям, в реальном аспекте вскрывающим грандиозные проявления Космоса.

Как наука геологическая, геохимия, подобно геофизике, прежде всего должна быть *связана с геологической картой*, с тем графическим, сжатым, количественно точным аппаратом геологии, который связывает в единое це-

лое (так как реально единым целым является изучаемая в геологии планета Земля) все геологические наблюдения.

С геологической картой должен быть связан и *химический состав биосферы*. Он в разных точках закономерно различен, и это различие прежде всего обусловлено литологическим составом литосферы, данной точке отвечающей.

23. Мне кажется, можно сейчас из этого исходить, не надо сейчас это доказывать, что биосфера – область жизни – есть резко определенная земная геологическая оболочка, химически резко отличающаяся от других земных геологических оболочек.

Удобно при химическом, в данном случае атомном, ее составе отдельно определять ее геосферы (§ 18), не смешивая их в одно целое, исходя из того принципа, что в точной научной работе различия имеют более значения, чем сходства.

Мы отдельно должны брать для химического их выражения геосферы – *тропосферу, гидросферу, литосферу*. Эти области химически так резко различны и составляют столь резко обособленные массы земного вещества, что необходимость отдельного их химического изучения, его важность и его геологическая значимость не возбуждают ни в ком сомнения.

Но в биосфере есть еще другая особенность, резко отличающая ее от других областей планеты.

Это – резкая неоднородность строящих биосферу *природных тел*, естественных тел, *живых*, с одной стороны, и не живых – *косных* – с другой. Животные и растения, видимые простым глазом и не видимые, проникают всю биосферу, являются могущественным агентов, меняющим все химические процессы. Они являются, взятые в своей массе, основной *геологической силой*, резко перерабатывающей всю биосферу.

В общей массе биосферы живые организмы, всю совокупность которых удобно называть *живым веществом*, как геологическая сила долго не учитывались. По весу в общей массе биосферы – в среднем ее составе – живое вещество сглаживается и мало отражается в средних числах. Но состав его строго определен, и местами мы видим его свободные мощные скопления.

Таким образом, мы должны отдельно определить:

- 1) состав *тропосферы* с проникающим ее живым веществом,
- 2) состав *гидросферы* с проникающим ее живым веществом,
- 3) состав *литосферы* с проникающим ее живым веществом,
- 4) состав и вес всего живого вещества биосферы.

24. Химический количественный состав *тропосферы* нам известен только в самых общих чертах – для главной массы ее вещества. То, что точные цифры для всех элементов имеют значение для познания полного среднего состава атмосферы, сознание этого в отношении подавляющей части химических элементов отсутствует. Например, количество брома впервые прослеживается нашей Лабораторией в 1938 г. (для Москвы). Для фтора еще не установлена точная методика и т.д. Нельзя сомневаться, что в атмосфере в виде газов, или в виде пыли, или в виде водных растворов находятся все химические элементы, в том числе все металлы.

Наше знание количественного элементарного состава тропосферы находится в зачаточном состоянии. Мы знаем состав главных газообразных хи-

мических элементов и некоторых газообразных их соединений, встреченных в воздухе. Надо, однако, знать *все* элементы и нельзя отбрасывать твердую пыль и жидкие растворы, непрерывно находящиеся в атмосфере. Ибо в геохимии мы изучаем реальное природное тело, а не идеальную чистую атмосферу. Атмосферы без пыли и капель в биосфере нет. Она играет в своем реальном виде огромную роль в химии планеты. :

Из того, что мы знаем сейчас, уже ясно, что этот состав не случаен, а строго закономерен. Ясно и то, что он различен в разных местах, в разные времена года, меняется в связи с метеорологическими и климатическими условиями.

Метеорологи и климатологи мало, в общем, обращали внимания на химическую часть своих областей знания. Химическая сторона этих наук находится в самом зачатке.

А между тем едва ли можно сомневаться, что глубокое количественное знание этого состава должно представлять большой государственный интерес, так как, вероятно, с ним связано здоровье населения и государственно ценных животных и растений.

В этом масштабе, в котором приходится вести эту работу, она ставится впервые.

25. Значительно лучше обстоит дело с *гидросферой*. За последние годы в ряде лабораторий (у нас в Биогеохимической лаборатории Академии Наук)¹ идет количественное определение химического состава воды Океана и морей для элементов, ранее недостаточно точно определенных. Работа еще не закончена, но ясно, что она в ближайшее время будет доведена до большой научной точности.

Выдвигается несколько вопросов, которые при этом попутно могут быть разрешены.

Я здесь отмечу главное:

I. Различие между составом морей и океана. С точки зрения гидросферы – земной геосферы – воды морей в общей массе ее теряются, но для тех конкретных задач, которые сейчас выдвигаются, воды морей (конкретно воды морей нашей страны) должны быть поставлены на видное место и возможно точно количественно изучены.

Можно здесь ждать больших различий и по солевому составу, например для большинства металлов. Для состава воды морей Балтийского, Белого, Баренцова, морей Лаптевых, Охотского, Японского, Черного, Азовского чисел для большинства металлов нет.

II. Для *океанической воды* очень мало данных для глубинных вод (их солевого состава для элементов, более редко встречающихся). Это особенно важно в связи с вопросом о генезисе солевого состава воды Океана, где, наряду с реками, должны играть большую роль подводные и наземные вулканические явления.

Еще меньше наши сведения о водах донных осадков морских и океанических – той лаборатории, где окончательно выходят из водного равновесия

¹ В настоящее время – Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Академии Наук СССР.– *Прим. ред.*

новые нерастворимые в условиях дна Океана химические и биохимические соединения.

III. Больше, чем для суши, важно здесь исследование *живого вещества*, населяющего Океан и моря.

Вполне отделять морскую или океаническую воду от населяющей их жизни мы не умеем, но важны данные для больших биоценозов. Есть данные, и они увеличиваются (и в нашей лаборатории) для *планктона*. Но, например, для коралловых морей и их жизни их чрезвычайно мало. Для бентоса и для саргассовых областей также очень недостаточно.

IV. Мне кажется, отдельно надо выделить Тихий океан, особенно его глубинные воды и воды донных осадков. Здесь начинают выявляться химические аномалии – увеличение *радия* (и тория?) в илах (и в водах донных осадков) с глубиной ила. Скопление в них максимального на нашей планете в больших массах процентного содержания радия – большего, чем в самых богатых по радио горных породах, заставляет обратить внимание на это явление. Загадка Тихого океана (§ 3, 18) должна быть изучена как одна из основных проблем радиогеологии и геологии.

В связи с этим должны быть изучены в нем *гелий и тяжелые благородные газы*. Воды, особенно пресные, но и морские, являются концентраторами для тяжелых благородных газов.

В областях глубоких илов Тихого океана мы можем войти в земное поле устойчивости *жидкой угольной кислоты*.

26. Тропосфера и гидросфера все же представляются нам более простыми по сравнению с теми задачами, которые охватывают твердую среду биосферы.

Но в то же время мы встречаемся с двумя обстоятельствами, которые делают определение ее химического состава с научной и с государственной точки зрения особенно важным и очередным.

С одной стороны, такое изучение литосферы имеет большие приложения к нашей жизни, которые до сих пор не используются, так как до сих пор точного количественного состава литосферы в пределах биосферы мы не знаем. Человек является наземным существом и теснейшим образом связан с сушей, с ее растительным покровом прежде всего. Как обитатель суши он химически от нее неотделим.

С другой стороны, мы встречаемся здесь впервые с резко различным химическим субстратом жизни в разных местах литосферы, чего в таком масштабе и постоянстве не имеем ни для тропосферы, ни для гидросферы. В то время как для этих природных тел средние числа химического элементарного состава в общем отвечают реальности, для литосферы они и такого значения не имеют, и в природе реально не выявляются. Средний состав литосферы – не свойство естественного природного тела, а отвлеченное идеальное построение.

Уже исходя из этих соображений, необходимо к твердой части биосферы подойти иначе и в геологическом ее изучении связаться с геологической или, по крайней мере, с литологической картой.

27. Я считаю этот вывод и связанную с ним проблему чрезвычайно важными для геохимии, для научно правильной постановки *всех ее проблем*.

В частности, отсюда вытекает ряд важнейших приложений геохимии к жизни, которые заставляют обратить ныне на эти проблемы внимание и стремиться к тому, чтобы на быстрое составление геохимической карты биосферы были затрачены необходимые материальные средства и чтобы эта задача как таковая была поставлена в ближайший порядок дня государственной геологической работы.

Человек в течение всей своей жизни не выходит за пределы биосферы. Он только в последние годы подошел или подходит к ее научной границе, когда при бурении он превосходит 5 км от уровня земли, но и здесь он пока не выходит, по-видимому, за пределы биосферы, так как 3,8 км, принимаемые (§ 18) за ее нижнюю границу, являются средним числом. Местами реально жизнь идет много глубже.

Как подымаясь в стратосферу (§ 18), человек неизбежно в технике своей работы вводит туда видимую и невидимую простым глазом жизнь, так и, углубляясь за пределы биосферы, он несет ее с собой, расширяет биосферу, хочет ли он того или не хочет.

Прикладное значение геохимии, науки о законностях в нахождении химических элементов, атомов в нашей планете, охватывает все рудное дело и всю нашу технику. Если мы будем знать эти законы, мы сможем научно точно находить нужное нам полезное ископаемое. Геохимия в этом аспекте является, вернее – должна являться, основной наукой, на которой должно строить *учение о полезных ископаемых*.

Очевидно, правильно понятая государственная работа должна это учитывать и должна быть так организована, чтобы в возможно короткое время было достигнуто нужное понимание этих, сейчас отсутствующих, геохимических данных, огромное значение которых ясно; средства на их получение быстро окупятся.

Рудой, или полезным ископаемым, являются такие концентрации металлов или металлоидов или их соединения, которые при меняющихся условиях государственной жизни окупаются при обработке, имеют реальную бесспорную ценность.

Законы концентрации химических элементов (и их соединений) до сих пор не выявлены. В результате больших научных наблюдений собран огромный материал, являющийся в общем сырым и случайным. Систематически, целеустремленно, организовано он не создавался. Единичный личный опыт, всегда случайный, индивидуальный, стоял на первом месте, и в ряде поколений таким путем собран огромный ценный материал. Но он не обработан научно, так как при создании его не исходили из определенной, точно поставленной задачи, не исходили *из задачи определения количественного химического состава биосферы*.

Как определять концентрацию химического элемента в биосфере? И какие концентрации брать для сравнения?

28. Мне кажется, здесь надо идти двумя путями, каждый из которых имеет свои недостатки и достоинства.

Как мы знаем, благодаря подвижности вещества биосферы оно имеет разное происхождение. Резко выделяются в биосфере материальные части, слагающие два типа вещества, различных свойств, разного химического состава и строения, разного своего проявления во времени:

I. Вещество земной поверхности тесно связано с поселением живого вещества и им проникнуто. Оно резко проявляется в аспекте *исторического времени* и меняется в эволюционном процессе в аспекте *геологического времени*.

Эта верхняя часть суши – земная поверхность – не идет глубоко (до сотен метров) и является характерным биокосным телом, которое отвечает так называемой «коре выветривания» (Эбельмен).

На земной поверхности и не глубже средней части коры выветривания сосредоточена подавляющая по массе часть живого вещества биосферы.

II. *Вещество более глубоких частей биосферы*, проникновение которого в нее становится заметным только в аспекте геологического времени. Живое вещество является ничтожной частью его массива.

29. Мы можем различить для первого типа материальных образований биосферы:

I. *Живое вещество*, населяющее биосферу и определяющее в конце концов все главные ее химические проявления. Живое вещество создается живым же веществом – рождением. Связь его с окружающей материальной средой поддерживается идущим непрерывно миллиарды лет закономерным *биоэнергетическим током атомов*.

II. *Вещество земной поверхности* – коры выветривания, находящейся в соприкосновении с тропосферой, – тела: живые и отмершие организмы, продукты их жизни и переработанного ими инертного вещества.

III. *Органогенные горные породы* – создания жизни. Здесь могут быть отмечены два резко различных типа таких тел: 1) образования на суше или на окраинах и дне моря, богатые органическими соединениями – С, Н, О и N, – торфы, гумусы и т.п. и 2) богатые металлами – Ga, Fe, Mg, K, Si – водные, главным образом морские и океанические. Затем: 3) пылевое, частично космическое вещество тропосферы и 4) вещество, попадающее в биосферу в кору выветривания, в частности, непрерывными *эндогенными процессами*, частью (например, вулканы) из-за пределов биосферы. Вулканические выделения, газы, воды и т.п.

30. Но большая часть биосферы в своей материальной части образована вторым типом вещества (§ 28), геологическими процессами (передвижением огромных материальных масс), орогеническими процессами (складками, сдвигами), смещенным, вынесенным наземную поверхность и к земной поверхности, в кору выветривания.

Мы видели, что под литосферой на суше лежит сплошная гранитная оболочка. Однако гранитные массы местами взломаны и передвинуты, частью выходят и на земную поверхность. Землетрясения здесь указывают на глубинные смещения не глубже 60 км. Это предел – нижний, откуда в течение геологического времени (учитывая денудацию) может проникать в биосферу передвигаемое в форме твердых горных глыб вещество глубинных геологических оболочек.

Мы можем различать здесь горные породы стратисферы, метаморфической оболочки и гранитной (§ 18).

Попадая в новую среду, в область, богатую газами и водами, в чуждые их образованию условия бытия, в среду жизни, все эти породы изменяются, но

обычный их химический состав меняется медленно, разве только в масштабе геологического времени.

Взгляд на геологическую карту ясно проявляет вызванную таким путем мозаичную структуру биосферы. Ненарушенная последовательность пород – кора выветривания, осадочные породы, метаморфические породы, гранитные породы – в полной форме редка. Точное геологическое исследование тектонических процессов давно показало, что подвижность вещества биосферы (§ 16), максимальная здесь на нашей планете, так велика, что временами на больших участках мы можем наблюдать распределение пород, резко обратное времени их образования и правильности первоначального их нахождения.

И все же совершенно ясно, что в полученном хаосе – на протяжении более чем двух миллиардов лет мы можем говорить о правильности химического состава биосферы и, зная эти правильности, можем точно количественно решать, по мере уточнения нашего знания, все более сложные научные и прикладные проблемы, с биосферой связанные.

31. Как все геологические факты, и химический состав геологических оболочек, в том числе и биосферы, есть геологическое явление. Как такое оно должно быть увязано с геологической картой, с одной стороны, и с основными *правильностями*, которые сейчас проникают всю геологическую работу, – с другой.

Хотя геологи теоретически ясно сознают своеобразное и основное значение химических явлений, с которыми в действительности они имеют дело, когда говорят о трансгрессиях моря, о метаморфизме, о вулканизме, о морских осадках биосферы, в которой мы живем, – они в своих выводах эту химическую – для биосферы основную – сторону явлений странным образом оставляют без внимания. Когда геолог говорит об орогенических процессах, о геосинклиналях и платформах, он прежде всего и больше всего в действительности считается с изменением химической обстановки литосферы – тверди Земли в данном месте, в данных координатах планеты. Но в свои выводы он это изменение химической среды не вводит и на этой стороне явления не останавливается в своем анализе.

Еще более удивительно, что сейчас этого должным образом не касается и геохимик. Он не использует результатов работы геологов и не связывает с ними те правильности в атомном строении, которые он изучает. Мне кажется, это является основной причиной того реально недостаточного значения, какое геохимия, несмотря на крупные успехи за последние годы, имеет в работе наших геологов.

32. Как идут химические реакции в пределах биосферы и как они отражаются на ее химическом составе? Поле химической реакции в биосфере резко отлично от того «поля», какое создается в наших лабораториях. Это, пожалуй, все, что мы несомненно знаем. Но точного научного представления об этом химическом явлении пока нет. И первый вывод отсюда – необходимость осторожного использования лабораторного опыта для толкования биосферных химических процессов – обычно не делается.

В биосфере мы должны резко различать: 1) химические реакции, которые сказываются быстро – в пределах человеческой жизни – в историческом времени, и 2) реакции, эффект которых сказывается лишь в декамириадах – в геологическом времени. Те и другие идут в том же самом месте. Но, очевид-

но, разница темпа («количество переходит в качество») не может не учитываться.

В отличие от химически средней «земной коры» Филлипса – Кларка – Фохта (§ 3) здесь в каждом *месте* биосферы мы будем иметь другой химический состав, и мы можем, ориентируясь на геологическую карту, точно его установить и понять. Место должно определяться географическими координатами, как оно всегда выражается на карте.

33. Биосфера является, по-видимому, той частью нашей планеты, где химические процессы Земли достигают максимального выражения. Это связано с тем, что земная поверхность является приемником – частично через живое вещество – космической тепловой энергии, а также потому, что здесь собраны газообразные и жидкие вещества, которые в условиях термодинамического поля биосферы максимально химически изменчивы.

Но эта часть биосферы, захватывающая гидросферу – весь Океан – в области коры выветривания твердой литосферы охватывает меньшую по мощности и весу часть биосферы. Исключая гидросферу, она под сушей не идет глубже чем на немногие сотни метров, а большую часть – на десятки метров и меньше. За ее исключением, остальные 3–4 км по характеру химических реакций резко от коры выветривания отличны. Биогенные образования здесь специфичны и, в общем, отходят на второй план. Жизнь проявляется в газовых реакциях – кислород в газах и в водных растворах не выходит за пределы коры выветривания. Биогенные N_2 , H_2S , CH_4 , CO_2 играют основную роль.

Характер вместилиц (мест) природных химических реакций очень своеобразен. Для огромного большинства из них изменения незаметны в историческом времени и накапливаются в сотни, миллионы лет – в геологическом масштабе времени. Характерно в этих реакциях *радиальное направление вместилиц химических процессов*. Химия биосферы должна его учитывать, т.е. учитывать ход реакций по направлению земных радиусов. На поверхности планеты это явление может быть выражено в географических координатах, и иногда в ходе геологического времени координаты почти не смещаются. Выходы газовых струй, горячих источников, сопков, вулканов, в общем, мало смещаются в ходе геологического времени. Водные растворы, расплавленные массы, выходы туфов, газовые массы являются местами интенсивного химического проявления. Стенки пород изменяются главным образом в ходе геологического времени или меняются в том же масштабе благодаря вертикальным смещениям – тектоническим поднятиям и опусканиям – больших областей суши и шельфа, значение которых неожиданно начинает выявляться сейчас в учении о тектонике «земной коры», т. е. реально в биосфере.

Вхождение в геологическую мысль нашего времени этих поднятий и опусканий особенно должно привлекать наше внимание.

Эти новые геологические выводы особенно важны, так как геологи к ним приходят неожиданно для себя, под давлением фактов, исходя из противоположных представлений – о сокращении «земной коры», о горизонтальных перемещениях, о шариажах.

До известной степени мы можем получить представление о происходящем процессе, например, в трансгрессиях моря, растягивающихся на миллионы лет и для данной географической координаты выражающихся в осадочных породах. Перенесенное на масштаб исторического времени, выраженное

в геологическом разрезе, такое движение может быть рассматриваемо как проявление планетной *радиальной* химической реакции.

Для нас радиальная (т.е. выходящая по вертикали или вблизи вертикали по отношению к земной поверхности) химическая реакция есть *факт наблюдения*.

Мы можем в геохимии исходить, не боясь ошибки, из реального представления о данном моменте и о данной координате планеты, из химических проявлений планеты, которая не меняет своего объема, не меняет его и по вертикали – с археозоя, по крайней мере. Лишь в коре выветривания, в излияниях лав, в эрозии и т.п. мы видим явления другого рода, но эти явления, идущие в историческом времени, мы можем легко учитывать, и они геологически выражаются в вертикальных «каналах», диатремах, трещинах, минеральных источниках, т.е. опять-таки в *радиальных* – за пределами коры выветривания – химических процессах.

ОБ ИЗУЧЕНИИ КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ

Мироведение, 1932, т. XXI, № 5, с. 32–41

I

Мы односторонне учитываем в нашей научной мысли и организации научной работы огромное влияние, которое оказывает окружающий нас космос на нашу планету. Мы исследуем и непрерывно следим за балансом и характером энергии, приносимой нам от Солнца и других небесных тел. Энергию Солнца, которая создает в значительной мере на земной поверхности совершенно своеобразную, единственную богатую свободной энергией земную оболочку – биосферу¹ и проникающую ее жизнь – мы изучаем все более полно и глубоко. Мы непрерывно следим во многих десятках тысяч станций, созданных в большинстве случаев со второй половины прошлого века и за наш век, за тепловой, световой и разными другими видами солнечной энергии, охватывающей нашу планету, количественно и географически ее учитываем, изучаем влияние этого светила на магнитное поле Земли, на движение ее масс. Накапливаем факты и стремимся свести их в теории, двигаемся вперед уверенно с помощью эмпирических обобщений.

Энергия других небесных тел теряется для нас в своем значении по сравнению с энергией Солнца, но все же она количественно излучается, хотя в масштабе, правда, несравнимом с энергией Солнца.

В последнее время перед нами вскрылась другая, независимая от Солнца форма космических излучений – так называемые проникающие, или космические, излучения, идущие из еще более далеких от нас областей космического пространства. Их проявления, совсем отличные от солнечных форм энергии, *по-видимому, связаны с серьезным* негаданным влиянием на биосферу и сейчас все больше и больше охватываются систематическим научным изучением.

Их изучение входит в привычный кадр учета космической энергии, получаемой нашей планетой. Мы стоим здесь на верном пути.

¹ В. Вернадский, Биосфера, Л., 1926 (научно-техн. издат.). Франц. издание 1929 г. (La Biosphère, P[aris], 1929), исправлено.

II

Но Земля связана с космическими телами и космическим пространством не только обменом разных форм энергии. Она теснейшим образом связана с ними материально.

Сейчас для нас вскрылось с несомненностью не только единство вещества космоса и всех тел и областей, но и единство идущих в нем не только химических процессов, но и иного рода движений – миграций химических элементов, которые мы, применительно к нашей планете, изучаем в геохимии. Геохимия является неразрывной частью космической химии. В этой последней резче проявляются такие свойства элементов, которые скрыты в геохимии, ибо перед масштабом сил космоса ничтожными представляются термодинамическое и электродинамическое поля земных миграций химических элементов. Геохимия и космическая химия есть химия атомов, изучаемых не в общих, не в возможных их проявлениях, а в проявлениях реальных в космосе и его отдельных индивидуальных телах, каждое из которых характеризуется особыми формами миграций атомов и особым характером созданного этими миграциями строения, отличающего эти тела материи. Геохимия – на изучение частного примера, нашей Земли, позволяет научно охватывать большие проблемы *планетной химии*.

Все строение космоса в целом – материальная и энергетическая его среда, все строящие его индивидуальные тела – основным образом определено строением и характером атомов.

Атомная физика и атомная химия неожиданным образом получили основное значение в научных космических и космогонических проблемах.

Задача, которая ставится в строении космоса, в мироздании, в нашем научном представлении, все больше и больше переносится в область изучения строения атомов – распада и создания новых их форм, в энергетические проявления, с этим связанные, в движения их и их осколков, вызванные атомной энергией.

В космосе вскрываются такие свойства распределения и изменения химических элементов, т.е. атомов разного строения, которые отсутствуют на нашей планете и не проявляются в ее геохимии, в планетной химии вообще.

Планетная химия есть часть космической химии, дающая ограниченное и неполное представление об этой огромной области знания.

В связи с тем, что геохимические процессы являются частью космических процессов, стоит и то явление, что Земля непрерывно со времени существования – до двух миллиардов лет по крайней мере – обменивается с космосом не только энергетическими проявлениями, но и материальными переносами. Они идут к ней в самых разнообразных формах: в форме метеоритов – сложных комплексов химических соединений *осколков внеземных горных пород*¹, и внеземных минералов в форме газообразных тел, вероятно отдельных атомов, в явлениях рассеяния элементов и в разнообразнейших «осколках» элементов, в частности, в потоках электронов. Очень возможно, что впервые установленные В. Гессом, играющие столь большую роль в не-

¹ Возможно, что среди метеоритов мы имеем разнородные тела, которые не все подойдут к понятию «горные породы», тесно связанному с существованием планеты, где они образовывались. Так, для хондритов не исключено образование иного типа – в движущихся потоках расплавленных частиц в свободном пространстве.

давних космогонических построениях Милликена и Камерона, указанные выше космические излучения окажутся телами материального проявления, и перед нами вскроется новая форма проникновения космической материи на нашу планету¹.

III

Как бы то ни было, по размаху процессов уже ясно, что едва ли можно при изучении геологии и, особенно, геохимии и всех, связанных с этими науками явлений, пренебрегать материальным обменом между нашей планетой и космическими телами – космическим пространством.

Между тем, этот материальный обмен, в отличие от энергетического взаимодействия, совершенно остается вне систематического научного учета.

Он изучается как случайные, временами происходящие явления, которые мы можем, наблюдая, регистрировать, но которые мы не можем непрерывно наблюдать, как это мы делаем с током внеземных энергетических проявлений, с лучистой энергией. Ничто, однако, не указывает, чтобы и среди материальных потоков из космического пространства на нашу планету не было таких их форм, которые, помимо проникающих излучений, могли быть непрерывно изучаемы.

IV

Среди материальных тел, падающих на нашу планету из космического пространства, доступны нашему непосредственному изучению преимущественно *метеориты* и обычно к ним причисляемая *космическая пыль*. Очень часто с ними вместе учитывается то явление, которое наблюдается в виде падающих *звезд* и рассматривается как раскаливание, свечение или горение в земной атмосфере – в стратосфере, главным образом, – мельчайшей, попадающей в нее из космических пространств, пыли.

То вещество, которое дает начало падающим звездам, никогда не было предметом изучения, так как оно, по-видимому, в значительной, может быть, мере остается в областях атмосферы, лежащей за пределами нашей биосферы, в нее, может быть, никогда не попадающее, а может быть, медленно проникающее, долгое время спустя после захвата его земным притяжением.

Это, однако, не несомненно, и учет космической пыли должен допускать возможность связи пыли и с этого рода ее происхождением.

Метеориты – и, по крайней мере в некоторой своей части связанные с ними болиды – являются для нас всегда неожиданны в своем появлении, и нет никакой другой возможности их учета, как участие в нем всего населения планеты, т.е. развитие путем школы и пропаганды общего сознания необходимости сохранения и хранения в научных музеях и институтах всех метеоритов, падающих в стране. Очевидно, в полной мере это может быть достигнуто только долгими годами.

Хотя известное улучшение заметно за последнее время во всех странах, все же организация пропаганды этой идеи чрезвычайно недостаточна.

Недавно (1931 г.) С. Уили (С. Wylie), профессор университета Айова дал

¹ Ср. H. Geiger, Nature, 127, 1931, p. 787.

примерную оценку для Соединенных Штатов¹, где много лет очень развито внимание к этой области знания и существуют большие специальные для этого организации. В среднем за 30 лет на территории Соединенных Штатов отмечается одно падение метеорита в 16 месяцев. По мнению Уили, это отвечает 1% реально происходящих падений: одно падение происходит раз в 4–5 дней.

Если перенести эту наметку на всю поверхность планеты, то мы должны бы допустить, что в десять дней падает на Землю один метеорит (1,17), но они рассеяны на огромном пространстве (ср. § VIII). Все же ясно, что точный учет этого явления мыслим и будет, может быть не скоро, – организован. Но это для нас не вопрос дня.

Иное дело космическая пыль: все указывает на то, что она падает непрерывно, и возможно, что эта непрерывность падения существует в каждой точке биосферы, распределена равномерно на всю планету. Удивительно, что это явление, можно сказать, совсем не изучено и целиком исчезает из научного учета.

V

Прежде чем перейти к космической пыли, необходимо указать на несколько проблем, которые связаны с метеоритами, дабы выяснить положение космической пыли в материальном обмене планеты.

Для метеоритов, исключая космическую пыль, мы явно имеем очень разнородную группу тел.

Во-первых, среди них наблюдаются тела исключительно больших размеров, резко отличающиеся по своим большим эффектам от всех остальных метеоритов.

До последнего времени такие тела только находили, но падение их не наблюдалось. Единственным примером возможного падения является так называемый метеорит Вановары (бассейн Подкаменной Тунгуски), упавший или прошедший через земную атмосферу утром 30 июня 1908 г., отмеченный тогда же в прессе и научной литературе, но обративший на себя внимание только в 1921–1922 гг., когда с ним столкнулся Л.А. Кулик во время метеоритной экспедиции Всесоюзной Академии наук, и с тех пор настойчиво добывающийся его исследования². Новые сведения были даны по опросам очевидцев С.В. Обручевым³ и И.М. Сусловым⁴ в 1925–1926 гг.; особое значение, однако, имела работа А.В. Вознесенского (1925 г.)⁵, доказавшего существование вызванного метеоритом землетрясения, ощутимого очевидцами или отмеченного инструментами и охватившего огромную часть Сибири. Центр этого землетрясения, сейсмического и воздушного вала и его время совпали с временем появления метеорита (болида) и показаниями очевидцев о предполагаемом месте падения. Землетрясения отмечены и в печати, тогда же в 1908 г., но не были связаны с метеоритом.

¹ С. Уилие, *Scient. Amer.*, 78 NY, № 4, 1931, p. 234.

² Л.А. Кулик, *Известия Акад. наук*, 1922, с. 395; Доклады АН СССР, Л., 1927, с. 393, 397.

³ С.В. Обручев, *Мироведение*, 14, IX, 1925, с. 38.

⁴ И.М. Суслов, *ib*, 16, 1927, с. 13.

⁵ А.В. Вознесенский, *ib*, 14, 1925, с. 25.

Попытки Л.А. Кулика, в ряде экспедиций, не привели к открытию метеорита, что является, возможно, следствием маломощности этих экспедиций, недостаточных средств, на них отпущенных. Явление требует дальнейшего исследования, ввиду научной важности стоящей перед нами проблемы, и надо спешить, так как и сейчас время упущено.

Новые важные указания Ф. Уиппля¹ особенно заставляют к этому стремиться, так как выяснилось влияние этого болида на сейсмические и воздушные нарушения, происшедшие и отмеченные в нескольких местах между 5 и 6 час[ами] утра 30 июня 1908 г. в Великобритании и других местах Западной Европы.

На них обратил внимание В. Шоу, в том же 1908 г., на съезде Британской ассоциации, благодаря записям точного микробарографа, но никакого объяснения им дать не мог; один из наблюдателей, С. Каве, лишь недавно связал их с тунгусским метеоритом, что подтверждено обстоятельной работой Уиппля (1931 г.). Сотрясение было отмечено, оказывается, тогда же, в Иене, в Германии (5230 км от Вановары). Во всей Западной Европе и Европейской России (Юрьев, Орловская губ., Поволжье) 30 июня – 2 июля 1908 г. заметны были резкие нарушения, имеющие связь с окраской высоких областей атмосферы, как бы связанные со своеобразным движением и пылью в этих областях. Наблюдались светящиеся серебристые облака – загадочное явление, требующее само по себе систематического научного изучения².

Л. Кулик еще в 1922 г. отметил возможную связь этого болида с указанными явлениями³.

Сейчас ее вновь поставил С. Рессель⁴, в связи с обсуждением доклада Уиппля в Английском метеорологическом обществе⁵.

Рассмотрение всех этих наблюдений заставляет еще внимательнее отнестись к метеориту Тунгуски (Вановара). Попытки Л.А. Кулика найти его на месте падения, по-видимому, правильно определенном (окончательно это нельзя утверждать), были неудачны. Возможно, как указывалось, что проникшие в земную атмосферу массы космического вещества не упали на твердую землю, а вновь ушли в космическое пространство, оставив лишь остатки вещества в виде тончайшей пыли в атмосфере.

Но возможно и то, что «метеорит Вановара» является новым явлением в летописях науки – проникновением в область земного притяжения не метеорита, а *огромного облака или облаков космической пыли*, шедших с космической скоростью. На это есть следующие указания. В Гейдельберге известный астроном Вольф не мог 30 июня 1908 г. и в ближайшие дни фотографировать, благодаря присутствию в высокой атмосфере светящейся пыли. 2 июня 1908 г. Вольф наблюдал своеобразное облако,двигающееся со скоростью около 357 км (220 миль) в час. Утром, в 7 час[ов], 30 июня 1908 г. Де Веер в

¹ F. Whipple, Quart. Journal of Meteor. Soc., 56, 1930, p. 287.

² Возможно, что светящиеся облака являются захваченными земным притяжением облаками космической пыли. Входят в материальный обмен Земля – космос. Они сейчас систематически наблюдаются.

³ Л.А. Кулик, там же, с. 397.

⁴ Russel, Quart. Journal of Meteor. Soc., 1931, работу не видел.

⁵ F. Whipple, там же, 1930, в конце статьи.

Гаарлеме наблюдал движущуюся к северо-западу «волнующуюся массу» (undulating mass) со скоростью 300 км в час¹.

Об «облаке пыли» указывают и наблюдатели в Сибири для болида Вановары².

Были ли это «облака» космической пыли или большой метеорит, упавший или пролетавший через нашу атмосферу, покажет, может быть, дальнейшее необходимое исследование; во всяком случае, масса космического вещества, вызвавшая эти явления, должна быть очень велика. Очень условно она определяется порядком 10 т (Уиппл), 120 т (Кулик).

Мы знаем, что в космических телах разные классы тел прежде всего должны отличаться размерами. Существование большого перерыва в размерах метеоритов, может быть, указывает на существование резкого между ними отличия – на существование разных по космической истории и построению среди них тел.

До 10 т не было отмечено метеоритов, падение которых наблюдалось.

Из других больших метеоритов можно отметить только два, подвергавшихся научному обследованию, но так же, как метеорит Вановары, очень мало выяснивших явление. Так называемый кратер в Кун-Бютте (Coon Butte) в Аризоне предположительно отнесен к метеоритным падениям. Глубокое бурение, здесь произведенное, скорее увеличило сомнение в этой гипотезе, и сейчас идет спор, насколько это объяснение верно. Осколки метеорита на поверхности вблизи найдены, но они одни вызвать явление не могли. Легенда о падении у местного населения недостаточно точно установлена.

Точно так же третий случай в северной Сахаре, во французской Мавритании, описанный недавно А. Лакруа, дал своеобразную, стоящую одиночно среди метеоритов породу – эвкрит, отличный от земного. Но и здесь не является точно установленным принадлежность этого единственного осколка к той огромной массе, которая там находится. Попытки получить новые образцы кончались неудачно, так как предполагаемая скала – метеорит – вновь найдена не была. Предполагаемый метеорит найден в пустыне, в безлюдной местности.

Есть еще несколько других случаев больших масс, для которых можно предполагать внеземное происхождение, но все они не изучены и их состав не выяснен.

VI

Ввиду сложности и малой выясненности происхождения и взаимного отношения известных нам метеоритов, нельзя оставлять без внимания возможное особое положение этих исключительно больших метеоритных масс среди всех других метеоритов.

Несомненно, отдельно должны быть поставлены *тектиты* – стеклянные метеориты, принадлежность которых к метеоритам некоторыми учеными еще до сих пор едва ли правильно оспаривается. Тектиты занимают совер-

¹ J. Crowther, Scientific American., 87, 1931, p. 317.

² Наблюдатель Г. Кулеш в Киренске, корр. «Сибири», в Ново-Корелинском; Вакулина в Н[ижне]-Илимске (А.В. Вознесенский, Миров[едение], 14, № 1, 1925, с. 25). Тунгус В. Охчен [рассказал, что] на месте падения «все было застлано дымом и мглой» (И.М. Суслов, указ. соч., с. 14).

шенно определенный пояс нахождения на нашей планете, охватывающий непрерывной полосой все континенты. Часть их, несомненно, упала (в Чехии и Моравии) в плейстоценовую эпоху, и нам неизвестен ни один случай их падения в историческое время; почти несомненно, они не падали в XX веке, когда космическое происхождение метеоритов вошло в научное сознание.

Случай тектитов ставит перед нами вопрос о времени падения метеоритов, о возможном изменении их характера со временем, например, в связи с прохождением солнечной системой различных областей космоса. Ибо для всех остальных метеоритов мы не знаем ни одного случая их нахождения в геологических отложениях более древних, чем плиоцен¹. Сюда должно быть направлено внимание наблюдателей.

Когда я уже указывал (§ II), метеориты при дальнейшем изучении, возможно, окажутся еще более разнородными, чем мы это сейчас предполагаем.

VII

Нельзя не отметить еще одного возможного типа метеоритов – падение *ледяных масс*. Высказанное для объяснения града в форме научной гипотезы более сорока лет назад проф. Ф. Шведовым в Одессе, это представление пышно расцвело в наше время в построениях, полунаучных, полуфилософских, Гербигера, не считающегося с точно установленными фактами, но влияющего на научную мысль, главным образом, в странах немецкого языка и немецкой культуры.

В той форме, в какой «ледяная космогония» развита, она может, и даже должна, быть оставлена в стороне в научной работе, – настолько она не считается с методикой научной работы и научными фактами. Но нельзя отрицать, что проблема, поставленная Ф. Шведовым, заслуживает серьезного внимания.

Есть или нет воды в космических телах, к нам попадающих? Ее присутствие и исключительная роль в планетной химии Земли явно не может считаться чем-то исключительным, ибо ее существование, по-видимому, может считаться доказанным для Марса и Венеры. Признание метеоритов как аналога земным горным породам *tacito consensu* требует признания ее существования в том космическом теле, в котором шел литогенез, продукты которого изучаются в метеоритах. Правда, вода указывается, при анализе, в составе почти всех метеоритов, но космическое ее происхождение пока сомнительно и требует проверки и исследования.

Возможность существования льда долгое время в космическом пространстве – «вакууме» – должна быть теоретически проверена. Вероятнее, что лед весь испарится, превратится в молекулы в безграничное космическое время. Он испаряется даже при очень низкой температуре, особенно при малых давлениях. Строение его кристаллов еще более этому способствует.

По отношению к граду, в частности к строению исключительно больших ледяных масс, временами в нем проявляющихся, требуется прежде всего химическое и кристаллографическое их исследование и их точный учет, чего нет.

¹ В плейстоцене несомненно. Для плиоцена есть указания.

Проблема поставлена и требует разрешения, ибо то или иное решение меняет очень серьезно нашу оценку значения материального обмена между Землей и космосом.

VIII

В кадрах этих тел должна рассматриваться и космическая пыль. Космическая пыль выявляется, во-первых, в виде «падающих звезд», во-вторых, она получается, несомненно, во время некоторых падений метеоритов, в биосфере рассыпающихся в мельчайшие обломки, частью в пыль. Возможно падение облаков космической пыли (§ V). Не исключена еще одна форма ее проявления – незаметного медленного захвата земным притяжением мельчайших пылеобразных частиц, рассеянных в космосе. Многочисленные соображения, связанные со строением так называемого пустого космического пространства, заставляют нас принимать их существование. Не считая возможным на этом здесь останавливаться, очевидно, во всяком случае, что мы все время должны иметь в виду эту возможность и учитывать ее в нашей работе над космической пылью.

Эта пыль должна быть тех же размеров, какую имеют газовые молекулы, и больше; споры органических существ этим путем – без катастрофического внедрения – могут проникать в поле нашей планеты. Их размеры должны лежать в пределах больших молекул, т.е. 10^{-6} см и мельчайшей мути, вероятно от 10^{-6} до 10^{-3} см по крайней мере.

Эти мельчайшие частицы вещества, вероятно, этим путем непрерывно теряемые и получаемые Землей (существует установившееся динамическое равновесие?), очевидно, во много раз превышают другие источники космической пыли по своему обилию и значению. Они в то же время чрезвычайно разнородны по своему составу.

Недавно П. Чирвинский и В. Черкас пришли к заключению о ничтожном количестве космической пыли, приносимой падающими звездами в масштабе массы планеты¹.

Они исходят из данных, главным образом, Ньюкомба о падении ежедневно $20 \cdot 10^6$ видимых падающих звезд среднего веса $2 \cdot 10^{-1}$ г и соображения Деннинга, Ньютона и Фесенкова, что не видные глазу телескопические падающие звезды по количеству в 50 раз больше и весят, в среднем, каждая $1 \cdot 10^{-3}$ г.

Эти исчисления дают для года около $1,5 \cdot 10^9$ г вещества для видимых падающих звезд и для невидимых – около $3,7 \cdot 10^8$ г, всего около $2 \cdot 10^9$ г вещества, т. е. около 2 тонн.

Масса метеоритов не может быть сведена и к таким примерным числам.

¹ P. Tschorvinsky и W. Tscherkas, Zentr. f. Min. A. St., 1929, p. 127. По их исчислениям, в $14 \cdot 10^6$ лет Земля получает этим путем всего около $5,1 \cdot 10^9$ тонн вещества, т. е. около $8 \cdot 10^{-14}$ части своей массы. Принимая их расчеты, ясно, что сравнение со всей массой Земли для рассматриваемого вопроса имеет малое значение; пыль почти всецело собирается в биосфере и даже, главным образом, в тончайшем поверхностном ее слое, где сосредоточена жизнь.

Уже для всей биосферы такой годовой принос составит величины, равные $10^{-6}\%$ ее массы, и для тончайшего поверхностного слоя в почвенном покрове суши – этот источник космической пыли явно должен дать массы вещества, очень заметные не в миллионы лет, а, по-видимому, в геологически короткий (может быть, исторический) срок.

Судя по приведенным ранее исчислениям их числа, годовая масса их будет значительно меньше массы падающих звезд¹.

Наконец, количество космического вещества, проникающего в биосферу путем захвата земным притяжением, не может быть учтено даже приблизительно. Несомненно, оно должно превышать оба других источника, так как все указывает на разнообразие этих процессов и на то, что мы едва ли сейчас в состоянии охватить *не только весь процесс привноса* вещества из космоса, но даже быть уверенными в том, что охватываем все главные его проявления. Изучение истории минералов в земной коре и миграции земных химических элементов постоянно заставляет учитывать возможность космического привноса и вскрывает недостаточность наших современных знаний в этой области. Учитывая все это, допустимо, мне кажется, считать, что годовой привнес всего космического вещества может дойти до порядка десятка или даже десятков тонн в год, может быть и много больше.

Это не значит, что масса Земли увеличивается (что не исключено), ибо одновременно Земля теряет вещество в космическом пространстве, с чем также приходится постоянно сталкиваться, углубляясь в ее минералогию и геохимию.

Идет не привнос только космического вещества, а обмен вещества с космосом. В какую сторону складывается баланс, мы пока не знаем.

IX

Научно точно подойти к выяснению этой проблемы можно только организованным изучением космической пыли.

Этого как раз сейчас нет. Мы даже не знаем ее элементарного химического состава и не умеем получать ее в сколько-нибудь достаточном количестве в чистом виде.

Основной причиной этого является то, что, падая на Землю, космическая пыль, какого бы происхождения она ни была, попадает в *пылевую атмосферу* нашей планеты и доходит до нас в смешанном с земной пылью виде.

Вполне от этой примеси едва ли можно избавиться, однако можно добиться получения образцов, в которых космическая пыль будет в преобладающем, может быть, даже в подавляющем количестве.

Пылевая атмосфера в основной своей части приурочена к суше, откуда идет источник ее происхождения. Она быстро уменьшается с высотой. По А. Колоссовскому, средняя максимальная ее высота достигает 5 км. Уже на этой высоте практически она чрезвычайно разрежена. Эта величина максимальная, – в гористых и влажных областях (или над лесами и целинами влажных стран?) эта граница опускается очень сильно. По Менгелю (1922 г.), в Альпах она достигает 2,8 км. Над океаном, особенно вдали от континентов, она чрезвычайно разрежается. Она должна чрезвычайно разрежаться и в областях малого обитания, в снежных (в каменистых) и ледяных пустынях.

Жизнь и, главным образом, человек своею деятельностью и подвижностью чрезвычайно способствуют ее образованию и ее усилению. Ее усиле-

¹ Нельзя быть в этом уверенным. Очень вероятно, что главная часть метеоритов, не доходя до поверхности биосферы, в земной атмосфере распыляется и дает «пыль» – рыхлое, медленно входящее в биосферу, вещество (ср. § V).

ние – одно из крупных проявлений геохимической работы цивилизованного человечества – новое создание исторического времени. Но в то же время жизнь в лесах, многолетних травяных пространствах выработала огромной силы противодействующую причину.

Ветры разносят земную пыль на огромные пространства и совершают этим путем, как мы знаем, огромную геологическую и геохимическую работу.

Но ветры не могут заменить целиком пылевую атмосферу там, где ее нет или где она сведена к минимуму; они действуют непостоянно и их влияние может быть учтено.

Х

Можно, как ясно из сказанного, выделить области, которые наименее захвачены или почти нормально не захвачены пылевой атмосферой Земли: приполярные области вечных снегов и льдов, область далеких от суши пространств океана, вершины гор, особенно снежных, лежащих выше 4–5 км (может быть, большие лесные массивы?).

Здесь можно найти места, удобные для систематического наблюдения космической пыли. Но для этого прежде всего необходимо хорошо и систематически изучить пылевую атмосферу планеты.

Она изучена чрезвычайно слабо. Необходимо не только учитывать количество пыли, годовой и многолетний ход его изменений в разных климатически правильно выбранных местах биосферы. Необходим одновременно столь же систематически установленный количественный химический и микроскопический анализ пыли, выяснение ее происхождения.

Изучение – тщательное и систематическое – *пылевой атмосферы Земли* есть основное условие правильной и полной установки наблюдений над космической пылью.

Только при этом условии выяснится большое или малое значение этого явления в истории нашей планеты и, прежде всего, в механизме биосферы, и можно будет получить прочную основу для решения проблемы о законностях материального обмена между Землей и космосом.

Точное и полное научное изучение пылевой атмосферы планеты имеет значение и в целом ряде вопросов метеорологии, климатологии, геологии, связано с потребностями нашей жизни и, очевидно, должно быть само по себе поставлено в более широком масштабе и сделано более быстро, чем это требует одна проблема материального обмена Земли и космоса.

Пока такой организации, достаточно мощной и широкой, нет, получение космической пыли должно, конечно, идти вне связи с ней.

Исходя из характера пылевой атмосферы, две области обращают на себя с этой точки зрения наше внимание. Во-первых, приполярные страны и, во-вторых, большие протяжения снежных гор.

Для приполярных областей, в связи с производящимся международной организацией систематическим изучением данных областей, необходимо воспользоваться этим случаем и присоединить к задачам исследования – наблюдения над космической пылью в этих областях.

На первый раз задача может быть ограничена только систематическим сбором материала для морфологического и химического исследования по определенной программе в ряде приполярных станций.

После того как этот материал будет исследован, будет возможность судить, насколько эти области являются удачными для более постоянной организации наблюдений.

О НЕОБХОДИМОСТИ ОРГАНИЗОВАННОЙ НАУЧНОЙ РАБОТЫ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ

(Доклад, прочитанный в Москве на заседании Комиссии по метеоритам
Академии наук СССР, 28 февраля 1941 г.)

Проблемы Арктики, 1941, № 5, с. 55–64

1. Уже с начала XVIII столетия, если не раньше, проблема космической пыли не сходит с научного горизонта. Значение космической пыли в разных формах проявления непрерывно увеличивается в астрономической картине космоса, а между тем ее научное исследование не подвигается сейчас, можно сказать, ни на шаг, поскольку мы имеем дело с *выяснением характера вещества* космической пыли.

Исследование вещества космической пыли и условий его проникновения в нашу планету должно лежать в основе нашей работы, как это имеет место и по отношению к метеоритам. Сейчас в метеоритной коллекции Академии наук и, насколько знаю, во всей нашей стране нет ни одного образчика космической пыли. В этом и заключается резкое отличие нашего положения в изучении этих различных тел природы. Но в них обоих есть одно сходство – основное – заставляющее изучать их *совместно*. Я не говорю уже о существовании генетической связи между некоторыми формами космической пыли, – есть и другое обстоятельство, заставляющее нас изучать эти разные тела вместе. Как и метеориты, космическая пыль является телом галактическим, а не телом Солнечной системы, по крайней мере для подавляющего вещества ее. Галактики – наша и другие – переполнены образованиями, которые для нас проявляются как космические массы пыли или скопления ионизированных атомов. Мы знаем, *что и те другие могут* достигать нашей ионосферы, проникать в нее и становиться земным веществом.

Я не буду дальше развивать эту точку зрения, но считаю возможным из нее исходить.

Исходя из этого представления, которое, как мне кажется, не может возбудить серьезные сомнения, я хочу сразу же указать, что при эмпирической работе мы не должны класть такие пределы проявлений космической пыли, невозможность которых обуславливается не наблюдением, а вытекает из теоретических представлений, не являющихся явно и бесспорно обязательными.

С космической пылью сливаются и ее проникают пылевые дисперсные выделения мельчайших частиц атомов, ионов, электронов и т.п. Можно ли учитывать при этом свободные ядра атомов и искать их проявлений в космической пыли? До сих пор свободные ядра атомов допускались только внутри некоторых звезд. Допущение из такого нахождения – эта интересная рабочая гипотеза позволяет понять иначе совершенно непонятную интенсификацию

в них всемирного тяготения, но ничто не доказывало пока, что такое объяснение реально. Несомненно, ядра атомов должны обладать максимальной возможной для массы атома массой, наименьшим (возможным для данной массы) объемом и максимальной для него «живой силой» при движении.

Могут быть и осколки атомов. Ничто не указывает пока, что ядра атомов могут так проявляться только внутри звезд. Ученый эмпирик, работающий в области космической пыли, не должен этого забывать, а держать в уме.

Интенсификация всемирного тяготения внутри некоторых звезд есть факт, ядра атомов есть объяснение – рабочая гипотеза. Объяснение интенсификации тяготения, здесь проявляемой, будет другое, если свободные ядра атомов окажутся среди частиц, потоки которых проникают и сливаются с космической пылью.

2. Два представления о Вселенной в связи с космической пылью – принимаются сейчас во внимание в научной работе. С одной стороны, *эмпирическая астрономическая работа* вскрывает перед нами широчайшее пространство ее в космическом пространстве, в котором она, по-видимому, пространственно господствует и перед массой которой совокупности мировых тел – звезды и туманности (не говоря уже о планетах, астероидах, метеоритах и генетически связанных с пылью кометах), – возможно, не только пространственно, но и по массе отойдут на второе место.

С другой стороны, формы научных представлений о Космосе, более свободные в своем выявлении, – научные *космогонии*, – пытаются исходить в некоторых своих проявлениях из представлений о господствующем значении космической пыли в строении Вселенной.

Среди таких космогоний, идущих корнями в XVIII век и начало XIX века, космогония крупного ученого и мыслителя *С. Арпенюса* (1859–1927) жива в научном мышлении еще и сейчас.

3. Так или иначе, космическое пространство Вселенной переполнено «пылью».

Мы можем сейчас утверждать, что «пустое» пространство, которое астрономы принимают во внимание в своих теоретических построениях и в правильно упрощенных вычислениях (так же, как и «пустое» время), в научной реальности не существует, ибо космическая пыль находится в непрерывном сложном движении, которое кажется нам случайным, но которое, по-видимому, не таковы. Движение происходит с космической скоростью, которую наш ум, приуроченный к земным скоростям, едва ли может себе образно представить.

Научная работа в своем победоносном ходе охвата окружающего всегда неуклонно отбрасывает случайность и заменяет ее научными законами и обобщениями, хотя бы и научно урегулированными случайностями, какими являются законы больших чисел.

4. Пыль в научно построенном Космосе встречается по крайней мере в двух формах, которые, с точки зрения космических явлений, резко различны: во-первых, не однородные по структуре и составу твердые тела – пыль в собственном смысле; во-вторых, свободные атомы и ионы или их группы, значение которых сейчас едва ли правильно учитывается современной научной мыслью. За пределами этих материальных небесных тел выявляются быстро движущиеся материально-энергетические частицы – мезотроны, про-

тоны, нейтроны, электроны и другие того же типа еще не открытые проявления Космоса. Это тоже пыль.

Мы видим в космосе почти бесконечный, если не бесконечный, ряд дисперсных космических тел, основное различие которых проявляется для нас, прежде всего, в размерах длины и объема, характерных и неизменных для каждого природного тела [1]. Диапазон их велик, и для космической пыли имел бы нижний порядок для ядра атома 10^{-13} см, ибо свободные ядра мы знаем, вернее допускаем, пока только во внутренности тяжелых звезд. В космической пыли они, по-видимому, не встречаются. Но свободные атомы размера порядка 10^{-8} см входят в состав космической пыли как заметная составная ее часть.

Исходя из порядка 10^{-8} см, как мельчайшей частицы космической пыли, мы переходим через молекулы, размеры которых не превышают порядка 10^{-6} см, к более крупным частицам, порядок которых не является пока определенным, но едва ли много превышает дециметры. Мы его не знаем.

5. Мы его не знаем, прежде всего, вследствие того, что в распоряжении научных работников почти никогда не бывает космической пыли. Наблюдают ее падение, но ее не собирают и не сохраняют. *Организация сбора ее и научное исследование собранного материала есть первая задача, перед нами стоящая.* И пока мы этого не сделаем, мы будем бессильны судить о космической пыли.

Больше того, в то время как частично связанные с космической пылью метеориты тщательно собираются во всем мире ([со времен Э.Ф. Хладни (1756–1827), с его посещения в 1794 г. Петербурга и Санкт-Петербургской Академии наук) и сохраняются в музеях, рассеянных по всей поверхности нашей планеты, непрерывно падающая на нашу планету космическая пыль не собирается в сколько-нибудь сравнимом с метеоритами количестве. Она исчезает бесследно и, можно сказать, остается в стороне от той огромной коллективной научной работы человечества, которая характеризует современное геологическое состояние нашей планеты – перехода биосферы в ноосферу [2].

В научных музеях, в которых систематически и в порядке сохраняется материал, научно исследуемый и научно пересматриваемый, на протяжении ряда поколений, космической пыли, можно сказать, нет. Нет и организации, собирающей ее с этой целью.

Насколько я знаю, космическая пыль имеется в немногих музеях. Она имеется, например, в Стокгольме (в связи с определенными метеоритами) и в Эдинбурге, в музее Меррея (экспедиции Чалленджера), где хранится космическая пыль океанических осадков.

Несомненно, так же случайно, как и здесь, она может находиться и в других собраниях метеоритов или океанических осадков. Надо с этой точки зрения изучить океанические и морские осадки, хранящиеся в Военно-Морской академии, в Арктическом институте в Ленинграде, в Всесоюзном научно-исследовательском институте рыбного хозяйства в Москве, и осадки, полученные черноморскими экспедициями, хранящиеся в Севастополе. Здесь, очевидно, может быть выделена только магнитная часть космической пыли. Но и это имеет значение, так как ее изучение даст неизвестные максимальные размеры обычной космической пыли, достигающей поверхности Земли. Наш Комитет этот просмотр должен организовать.

6. В сентябре 1938 г. *Г. Ниниджер*, председатель Североамериканского комитета метеоритов, организовал сбор космической пыли в поселениях Североамериканских Соединенных Штатов, падающей на крыши домов и собирающейся затем в водосточных трубах. В мае 1940 г. он опубликовал в «*Scientific Monthly*» свои первые результаты. Среди массы неправильных по форме частиц, содержащих никель и железо, встречаются многочисленные, сильно магнитные шарики, так что они всегда собираются в клубки. Средний диаметр этих шариков равен около 0,09 мм, но это число едва ли точно, так как самые мелкие шарики, по мнению *Г. Ниниджера*, были потеряны и действительный средний диаметр их, по-видимому, значительно меньше [3]. Наблюдения показали, что эти шарики должны быть большого удельного веса и что они падают, согласно проделанным опытам, со скоростью 91,44 м (300 футов) в минуту – 5,48 км в час. К сожалению, *Г. Ниниджер* не дает химического количественного анализа этих шариков.

Мне кажется, наш Комитет должен организовать систематическую работу в этом направлении. Необходимо собрать достаточный для анализа материал как магнитных шариков никелистого железа, так и других неправильной формы магнитных пылинок (отдельно). Для этого правильнее воспользоваться не пылью поселений, где примесь городской и фабричной пыли очень велика, а, например, подмосковных заповедников и парков (например, в Узком). Следует для этого также воспользоваться мерзлотными, магнитными и метеорологическими станциями в Арктике, высокогорными станциями выше пылевой тропосферы, отделами Академии Наук в Кировске и Архангельске и собрать, по крайней мере, килограммы вещества. Было бы очень важно организовать этот сбор в связи с магнитными свойствами и магнитными аномалиями территории нашего Союза.

«Случайно» ли падает на нашей территории магнитная космическая пыль, особенно мелкая? Магнитное поле нашей планеты неоднородно и может направляюще действовать на большие магнитные железные массы или на тонкую магнитную пыль в то время, когда они находятся в области низкой температуры на расстоянии сотен и тысяч километров (может быть, больше?) от уровня геоида.

Я получил 20 сентября 1940 г. от проф. *В.Ю. Визе* из Ленинграда, ответственного редактора «Проблем Арктики», письмо с предложением написать для этого издания небольшую статью «О значении сбора в полярных странах, особенно в центральной части Полярного бассейна, космической пыли». Проф. *Визе* думает, что статья встретит отклик наших полярников, и мы получим нужный материал. Я согласился тогда на предложение *В.Ю. Визе* и думаю, что следовало бы избрать небольшую комиссию и выработать программу сбора. К сожалению, в нашем архиве не удалось найти программу, которая была выработана мной в 1933 г. и послана акад. *О.Ю. Шмидту* для нашей экспедиции на Северный полюс. Но тогда сбор пыли не был сделан. Я надеюсь получить сейчас другой результат. Время делает свое дело.

7. В тесной связи с предметом моего доклада стоит другое, мне кажется, не менее важное явление, а именно – особая форма проявления космической пыли – облака космической пыли, от времени до времени проникающие в нашу атмосферу. На эти облака я обращал внимание еще в 1932 г. как на особую форму проявления космической пыли [4]. Огромный материал, не выде-

ленный и критически никем не переработанный, находится в старинной литературе. Было бы важно его оживить, извлечь его оттуда, систематизировать и конкретно внести вновь в научную жизнь в нашей «Метеоритике».

Это тем более важно, что Комитет по метеоритам столкнулся сейчас с недавно бывшим у нас проявлением вхождения в нашу атмосферу, думаю, большого облака космической пыли, которое произошло на нашей территории между реками Обью и Енисеем в районе Тазовской губы 18 сентября 1938 г. ($67^{\circ}28$ с.ш., $78^{\circ}44$ в.д.). Оно было видно на огромной территории (с севера на юг – около 250 км, с запада на восток – свыше 600 км), но прошло почти незамеченным и было описано лишь через полтора года в февральском номере «Природы» за 1940 г. *В.Н. Андреевым* [5] как загадочное «затмение». В письме из Омска 9 июня 1940 г. проф. *П.Л. Драверт*, мой старый друг, обращая мое внимание на статью *В.Н. Андреева*, писал: «Ведь это была космическая пыль. Думаю написать по этому поводу заметку». Не знаю, написал ли *П.Л. Драверт* свою заметку, но после прочтения статьи *В.Н. Андреева* я вполне согласился с *П.Л. Дравертом* и немедленно списался с *В.Н. Андреевым*. Но *В.Н. Андреев* был тогда далеко в Арктике и ответил мне только 31 января 1941 г. Он считает, что «предположение о том, что причиной затмения является прохождение облака космической пыли, весьма вероятно, однако доказательства этому в настоящее время собрать чрезвычайно трудно». По его мнению, наиболее подходящим будет связаться с мерзлотной станцией в Игарке, которая была захвачена этим космическим облаком в 1938 г. В переговорах моих с *М.И. Сумгиным* последний обещал полную и широкую поддержку нашему начинанию. Представители Института мерзлотоведения находятся в нашей среде, и надеюсь, они примут участие в обсуждении поставленной проблемы.

Облака космической пыли, по-видимому, являются не редкими. Так, в чрезвычайно важной сводке явлений, сопровождавших падение Тунгусского метеорита, напечатанной в английском метеорологическом журнале в 1930 г. известным метеорологом *Ф. Уиннлем* [6], отмечено, что в Гейдельберге один из крупнейших астрономов-наблюдателей *М. Вольф* не мог ни в самый день падения Тунгусского метеорита (30 июня 1908 г.), ни в ближайшие к нему дни фотографировать вследствие присутствия в высокой атмосфере светящейся пыли; 2 июля он наблюдал своеобразное облако, двигавшееся со скоростью 357 км в час. В 7 часов утра 30 июня 1908 г. *Де-Веер* в Гаарлеме наблюдал волнуемую массу (undulating mass), двигающуюся к северо-западу со скоростью 300 км в час [7]. Это скорости земные, а не космические, и представляют остатки явления, происходящего в высоких слоях атмосферы (так же, как серебристые облака и т.п.).

8. Насколько мы можем судить, облака космической пыли, как особые природные космические тела, должны быть резко выделены от обычной космической пыли. Облако космической пыли 1938 г. представляет для нас с этой точки зрения особый интерес, так как, хотя и поздно, из происшедшего можно кое-что восстановить даже и теперь.

Дело в том, что две проблемы, по моему мнению, возможно, связанные с космическими облаками, все еще остаются неясными. Это, с одной стороны, образование так называемых метеоритных кратеров, а с другой – падение Тунгусского метеорита 30 июня 1908 г.

Что такое космическое облако и каковы должны быть его проявления на поверхности планеты? Какой может быть его эффект, если оно достигает твердой поверхности биосферы? Какая может быть его масса? Может ли головная часть этой массы, достигнув твердой земной поверхности, образовать в ней воронку – кратер – и оставить в ней часть своего вещества? Будет ли эта головная часть представлять собой более крупные камни, вроде ядра комет? Любопытно, что в метеоритных кратерах, за исключением Кун-Бютт в Аризоне, мы не находим сколько-нибудь отвечающих по размерам масс, которые допускаются для их образования. О кратере Кун-Бютт в Аризоне я скажу ниже, сперва же остановлюсь на образовании кратеров. В них не раз были найдены довольно большие количества обломков метеоритов. Они были найдены в единственной системе метеоритных кратеров, доступных наблюдению в нашей стране, на о. Эзеле в кратере Каалиярве [8]. Можно думать, что такие осколки являются общим характерным явлением при их образовании.

Я хочу остановиться, как на рабочей гипотезе (исходя из возможности проверки ее), на «затемнении» атмосферы 18 сентября 1938 г. в районе Тазовской губы. Если мы имеем здесь дело с космическим облаком, можно ждать нахождения в этом районе наряду с мелкой обычной космической пылью *более крупных метеоритных осколков*, притом в направлении движения космического облака (если только его удастся, как это, по-видимому, возможно, определить). В районе вечных снегов характер кратера может быть иной. Эти крупные обломки (или представляющиеся нам такими, вследствие их разрушения или испарения) должны выпадать первыми, более или менее вместе.

В связи с этим необходимо также исследовать записи сейсмографов ближайших станций и всей Сибири, опросить население по определенной программе о звуковых явлениях, о которых ничего не говорится в статье *В.Н. Андреева*, и обратить внимание при поисках космической пыли, не нашлись ли бы здесь, помимо обычной пыли, более крупные осколки метеоритов.

9. Прежде чем переходить к вопросу о Тунгусском метеорите, я хочу очень кратко остановиться на положении наших знаний об Аризонском кратере и нахождении в нем (при бурении) огромного метеорита.

Я не имею сейчас времени опять погрузиться в литературу об Арагонском кратере, которую когда-то изучал, и думаю, что было бы полезно дать на русском языке обзор наших современных знаний об этом падении с интересующей нас сейчас точки зрения и тех возражений, которые делали геологи и метеоритики на выводы, распространенные в метеоритике [9]. Мне представляется вопрос более сложным, чем это у нас обычно думают о нем. Сюда примешались промышленные интересы, так как в этом метеорите найдены платиновые металлы и он является как бы платиновой рудой. Тех больших масс, которые могли бы произвести наблюдаемый эффект, насколько могу судить, не нашли.

Насколько я знаю, большой метеорит не найден или, во всяком случае, не вынут. По-видимому, Кун-Бютт является сложным явлением. Вызванная им большая литература критически не обработана. Пока это не сделано, нельзя опираться на пример этого кратера и на нахождение в нем большого метеорита, который будто бы этот кратер вызвал. К тому же, возможно, что в нем мы имеем дело с метеоритами разного характера, разной сохранности и, может быть, разного времени.

Я думаю, что этот вопрос необходимо критически разобрать, подготовив доклад в одном из заседаний нашего Комитета. Как будто это единственный случай с большим металлическим метеоритом в кратерах.

10. Возвращаюсь теперь к Тунгусскому метеориту. При проникновении космического облака до твердой биосферы, о чем имеются показания очевидцев и для тунгусского падения [10], те части, которые падают на землю (более крупные) и которые находились в кратере, могут происходить не от падения целого большого метеорита, а от проникновения в биосферу более тяжелых и больших по размеру частей космического облака – его головки; масса этих частей может быть чрезвычайно велика, и их импульс достаточен для образования воронок или кратеров.

Исходя из этого, я допустил в 1932 г. [11], что Тунгусский «метеорит» мог быть космическим облаком, масса которого была очень велика и импульс падения которой мог дать те воронки, которые мы наблюдаем. Вполне возможно поэтому, что в этих воронках мы не найдем больших масс железного метеорита, как не нашли их и в других воронках или кратерах.

Случай Аризоны не является решающим; он, скорее, сомнителен. Поэтому особенно важно выяснить до конца тунгусское падение и, прежде всего, произвести магнитную съемку районов его воронок.

Пользуюсь случаем, чтобы заметить, что долгая сохранность леса, упавшего, как выяснила аэросъемка и как впервые это установил *Л.А. Кулик*, ориентировано по отношению к воронкам, вызвала предположение, не имеем ли мы здесь дело с падением тектитов; тогда еще ни одно падение тектитов не было научно отмечено. Можно было думать, что лес сохранялся так долго потому, что он был как бы подвергнут окаменению. Однако анализ, произведенный в Биогеохимической лаборатории *А.П. Виноградовым*, показал, что количество золы в образцах деревьев, собранных экспедицией *Л.А. Кулика*, нормальное. Эта рабочая гипотеза, следовательно, отпадает.

11. Из предшествующего ясно, что космическая пыль есть сложное и большой важности космическое явление, в котором мы уже теперь можем отличить несколько природных тел. Мы далеко не можем их все различить. До известной степени к ней могут быть отнесены и так называемые *космические лучи*, огромное значение которых ясно для всякого натуралиста [12]. Они относятся к большому комплексу явлений дисперсности движущегося вещества Космоса, частным случаем которого является космическая пыль. Космические лучи находятся в определенно направленном и независимом движении, обладающем космической скоростью, и проникают насквозь все земное вещество биосферы (по крайней мере, на многие сотни метров), вызывая в ней и окружающей земной среде многочисленные физические и химические изменения, полного значения которых мы до сих пор не знаем. Имеется большое вероятие, что эти лучи происходят из находящихся в особом состоянии туманностей или звезд не нашей галактики.

12. Мы должны смотреть на космическое вещество, в том числе на космическую пыль, не только как на проявление массы, но и как на проявление энергии.

Радиологический охват нашей планеты все с большей силой и ясностью выявляет нам, что энергетическим источником всех основных геологических процессов, происходящих непрерывно на протяжении миллиардов лет, яв-

ляется земное вещество, которое мы привыкли раньше рассматривать в геологии как инертную массу. Оно проникнуто действенной мощной ядерной энергией. Для движущегося космического вещества – космической пыли – мы должны иметь это в виду и, получив достаточное количество этого вещества, должны изучить не только его химический состав, но и его радиоактивные свойства. Энергетическое проявление космической пыли, в частности ее облаков (поскольку это выражается в механических процессах биосферы), едва ли охватывает все формы проявления их энергии. Образование воронок и кратеров, световые и тепловые явления, им сопутствующие, являются следствием удара, т.е. следствием совместного тяготения земного и движущейся космической массы. Но космическая масса сама по себе обладает атомной и другой ядерной энергией, которая далеко не безразлична в своем бытии в космосе и в ее проявлении на нашей планете.

Надо радиохимически изучить вещество космической пыли. Выводы же мы будем делать позже, когда будем иметь космическую пыль в нашей лаборатории.

13. Космическая пыль во всех ее проявлениях, даже если мы оставим в стороне космические лучи, является прежде всего проявлением не только массы, но и энергии. К ней сейчас могут быть отнесены следующие природные тела:

а) *Космическая пыль* – собственно мелкие частицы, размеры которых могут, по-видимому, доходить до сантиметра [13] и, может быть, больше (это не выяснено). Эти частицы непрерывно падают, как нам кажется, без собственного движения вследствие того, что они попадают при движении нашей планеты в поле тяготения Земли и в ее магнитное поле. В космической пыли можно ясно различить частицы определенной шаровой формы, резко магнитные. Все имеет вид, как будто бы это инертные тела, захватываемые Землей непрерывно, – зоны лет.

б) *Космические облака*, которые, по-видимому, состоят из частиц, как будто бы схожих с тем, что мы находим в метеоритах, в том числе и в магнитных. Космические облака, по-видимому, имеют свое движение (так же как и метеориты) и свое строение, которые согласно законам всемирного тяготения, должны сосредоточивать наиболее тяжелые части облака в головке, в направлении движения. Очень может быть, что космические облака имеют какое-то отношение к *кометам*. В случаях, когда эти облака падают на землю с космической скоростью под влиянием поля нашего тяготения, а может быть и магнитного, они могут образовать *кратеры* или воронки. Осколки их головки наблюдались в ряде случаев. Возможно, что сюда следует отнести Тунгусское падение.

Надо иметь в виду, что до сих пор ни в одном кратере (я пока принимаю, что в Кун-Бютте в Аризоне это тоже не имело места) не находили большого метеорита (больше 10 т), а находили осколки, доходившие в редких случаях до немногих тонн, и то генетическая связь их с кратерами в таком случае не доказана.

Я не могу на этом останавливаться, но обращаю внимание на то, что до сих пор большие (больше нескольких десятков тонн) самородные массы железных метеоритов, в том числе и такие, как Брагин, Палласово железо, мексиканские, не образовали кратеров, и даже около Кун-Бютта железо, Canon Diablo (5 т), лежало на поверхности.

в) *Космическая пыль, тесно связанная с разрушением метеоритов*, особенно хондритов, – очень рыхлых и по строению близких к конгломератам

и брекчиям, но резко и явно отличных от этих морфологических структур в породах земного происхождения.

Вероятно, мы найдем и ряд других типов или видов космической пыли, когда начнем систематическое ее изучение.

14. Заканчивая свой доклад, хочу еще раз подчеркнуть, что мы можем подойти к пониманию космической пыли только тогда, когда будем иметь в руках достаточный материал для исследования ее вещества. Вещество космической пыли, мы можем это утверждать уже сейчас, явно не является инертным телом, если мы посмотрим на нее в пространстве – времени, в которых она имеет свое бытие.

На наших глазах сейчас резко меняется представление прежних поколений о веществе нашего космического тела – планеты Земли. Величайшие геологические явления орогенеза, вулканические извержения, образование гор и теплоты внутренних слоев Земли получают свое простое объяснение в радиоактивном распаде атомов земного вещества. Мы знаем сейчас, что это явление поверхностное и что максимум теплоты, получаемой этим путем, находится на немногих десятках – едва ли сотнях – километров от поверхности геоида, т.е. на сотых долях земного радиуса, и составляет тонкую пленку, ниже которой (в глубь планеты) температура должна быстро падать (ибо быстро уменьшается количество радиоактивных атомов). Изучение метеоритов и, особенно, космической пыли с этой точки зрения приобретает большое значение.

Я возвращаюсь к этой теме третий раз. В первый раз я писал об этом в 1908 г. [14], а затем в 1932 г. [15], через 24 года, и сейчас, еще через 9 лет, и все больше убеждаюсь в правильности своего заключения. Уже в 1908 г. я указал, что эмпирические факты заставляют считать, что падение на Землю метеоритов и космической пыли не есть *случайное явление*, а есть проявление *закономерного материального обмена между космической средой и нашей планетой*. Приходится считать, что Земля теряет в аспекте эонов веков столько же своего вещества, сколько получает его из космических просторов. Масса ее не растет и не уменьшается. Понятно значение изучения космической пыли с этой геологической точки зрения. Особенно важно изучать характер вещества космической пыли как главной массы космического вещества, входящего в нашу планету. Надо изучить и учесть его как источник космической энергии, непрерывно приносимой нам из окружающего нас пространства.

С этой точки зрения мы в 1941 г. находимся совсем в другом положении, чем в 1908 г., когда в заседании Британской ассоциации в Дублине, на котором я имел случай и удовольствие присутствовать [16], *Д.Д. Джолли*, профессор «Трините Колледж» Дублинского университета, произнес речь об уране и геологии и вызвал дискуссию, которая положила начало радиогеологии.

Немедленно по возвращении в Москву я выступил с пропагандой и разработкой этих идей в нашей стране [17]. Любопытно, что на этой же сессии Британской ассоциации *В.Н. Шоу* обратил внимание [18] на шесть записей микробарографов, указавших на происшедшее где-то, как он тогда выразился, «какое-то возмущение, не вполне одновременное, в разных местах Великобритании», распространившееся со скоростью более 160 км в час.

Эти микробарограммы были на выставке сессии и в следующем, 1909 г., были опубликованы в легко доступном отчете Британской ассоциации. Это были отзвуки тунгусского падения, но это поняли только через 20 лет, в

1929 г.; я, как и другие, их не понял, хотя, помню, остановился на этом явлении, дискуссия о котором была опубликована в 1909 г. в отчете целиком, по постановлению Совета Сессии. Было ясно, что движение, их вызвавшее, шло с востока. Я не думал, что оно шло из нашей страны и что мне придется когда-нибудь к этим барограммам возвращаться.

Они были поняты одним из представивших эти барограммы *Ц.Д. Кэвом* (Cave) из Петрфильда в 1929 г. или в 1930 г., когда работы *А.В. Вознесенского* в Иркутске [19] и *С.В. Обручева* [20], геологически исследовавшего Тунгусский бассейн, обратили всеобщее внимание (в 1925 г.) на это явление, как на следствие падения Тунгусского метеорита.

Л.А. Кулик [21] уже в 1921 г. понял значение этого явления. Источником для него и *С.В. Обручева* явились рассказы тунгусов, а для *А.В. Вознесенского* – записи сейсмографов, позволившие ему определить точно место падения. Надо надеяться, что теперь эта работа будет доведена Академией наук до конца.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ, ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ ДОКЛАДА АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО

Я хотел бы, чтобы Комитет по метеоритам в связи с моим докладом принял следующие решения¹:

1. Признать необходимым изучение магнитной части морских и океанографических осадков, хранящейся в Военно-Морской академии, в Арктическом институте и на Севастопольской станции, а также озерных илов Каспийского моря, которые хранятся в Всесоюзном институте морского рыбного хозяйства и океанографии.

2. Немедленно обратиться в Арктический институт и в Институт мерзлотоведения, в Управление Единой гидрометеорологической службы СССР, в организации, ведающие магнитной съемкой, и в Геологический комитет в связи с арктическими его изыскательскими партиями, на Камчатскую вулканологическую станцию Академии наук, в высотные станции Академии наук на Эльбрусе, филиалы Академии наук в Кировске и Архангельске с просьбой об организации, согласно инструкции, сбора снега и льда для выделения из них пыли и отсылки ее в Комитет метеоритов.

3. Организовать около Москвы в парках, на биологических и метеорологических станциях и в заповедниках сбор снега для выделения из него пыли, согласно инструкции.

4. Для выработки этой инструкции образовать комиссию, которая бы в недельный срок ее составила. Размножить инструкцию для раздачи желающим принять участие в работе.

5. Поручить Бюро Комитета составить на основании литературы и источников критическую сводку сведений о космической пыли и указаний на нее и затем опубликовать эту сводку.

6. Исследовать с точки зрения космической пыли и осколков метеоритов район Тазовской губы, где 18 сентября 1938 г. замечено космическое облако. Поручить выработку программы опроса той же комиссии, которая займется

¹ Предложения приняты в заседании Комитета по метеоритам Академии наук СССР 28 февраля 1941 г.

выработкой программы по сбору космической пыли. Обратиться в Сейсмологический институт Академии наук СССР с просьбой пересмотреть баросейсмограммы и микробаросейсмограммы 18 сентября 1938 г. по Сибири и северу Европейской части Союза.

7. Опубликовать критический обзор об Аризонском кратере Кун-Бьютт, выяснив по литературе, найден или не найден в нем большой метеорит и насколько эта гипотеза реальна.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки, М.–Л., 1940, с. 118.
2. *Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии, II, М.–Л., 1939, с. 6; *E. Le Roy*, *L'exigence idéaliste et le d'évolution*, Paris, 1927, p. 196.
3. *Nininger H.* *Sci. Monthly*, 50, № 5, May 1940, p. 460.
4. *Вернадский В.И.* *Мироведение*, 21, № 5, 1932, с. 32.
5. *Андреев В.Н.* *Природа*, № 2, 1940, с. 62.
6. *Whipple F.* *Quart. J. Meteor. soc.*, 56, 1930, p. 287, follow.
7. Там же, p. 303 (Discussion).
8. *Spenser L.* *Min. Mag. L.*, XXV, 1938, p. 75; *J. Reinwaldt*, *The Kaalijärw. Meteor craters (Estonia)*, Tartu, 1939.
9. *Чирвинский П.Н.* *Зап. Росс. минер. об-ва*, сер. 2, ч. LX, вып. I, 1931, с. 135. Обзор наших знаний до 1930 г. дан проф. П.Н. Чирвинским, который подробно остановился на этом явлении и пришел к отрицательному заключению о метеоритном его происхождении. Новые данные (после 1930 г.), не принятые во внимание проф. П.Н. Чирвинским, требуют новой сводки. Я имею в виду, между прочим, статью А.А. Стоянова, профессора геологии в Аризонском университете (вышедшую независимо и позже статьи П.Н. Чирвинского), который тоже отрицает метеоритное происхождение кратера.
10. *Whipple F.* Указ. соч.
11. *Вернадский В.И.* Указ. соч., с. 36.
12. *Мысовский Л.* Новые идеи в физике атомного ядра, Изд. 3, М. –Л., 1940, с. 208 сл.
13. Я оставляю в стороне осколки метеоритов, находимые в кратерах, так как их связь с космической пылью (головка космического облака) есть пока только рабочая гипотеза.
14. *Вернадский В.И.* Опыт описательной минералогии, т. I, вып. 2, 1909, с. 185 и 193.
15. *Вернадский В.И.* *Мироведение*, 21, № 5, 1932, с. 32.
16. *Report of British Assoc. f. adv. of Science*, Dublin, 1908, p. 609.
17. В печатных работах это отразилось в 1910–1911 гг. См.: *В.И. Вернадский*, О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской Империи. СПб., 1910; *Задача дня в области радия*, Изв. Акад. наук, сер. VI, 5, № 1, 1911, с. 61–72 и др.
18. *Report of British Assoc. f. adv. of Science*, Dublin, 1908, L. 1909, p. 609, follow.
19. *Вознесенский А.В.* *Мироведение*, 14, № 1, 1925, с. 25.
20. *Обручев С.В.* Там же, с. 38.
21. *Кулик Л.А.* Изв. Росс. Акад. наук, сер. VI, 16, 1922, с. 397.

ГДЕ МЕТЕОРИТ?

Телеграмма академика Вернадского

«Челябинский рабочий», 1941, 15 апреля, вторник (№ 88), с. 4

Вчера редакция получила следующую телеграмму председателя Комитета по метеоритам Академии Наук СССР академика Вернадского:

«9 апреля утром жители Катав-Ивановска наблюдали яркий болид, сопровождавшийся сильным освещением местности, гулом и сотрясанием возду-

ха. По-видимому, это явление закончилось выпадением метеорита. Поэтому Комитет по метеоритам Академии наук СССР просит всех очевидцев этого явления сообщить ему по адресу: Москва, 17, Старомонетный переулок, 35, комн[ата] 83 все замеченные ими подробности явления. Особенно важно указать, в какой стороне наблюдалось освещение, и был слышен гул, и если наблюдался полёт болида (огненного шара), то – направление его полета. Эти сведения помогут определить место, где упал метеорит. В случае же, если метеорит уже найден, необходимо тщательно сохранить все его осколки и немедленно сообщить об этом Комитету. На место находки метеорита выедет научный сотрудник Комитета, а нашедшему метеорит будет выдана денежная премия».

Председатель Комитета по метеоритам
академик *В. Вернадский*

ПРИЛОЖЕНИЕ

I

Где упал метеорит?

«Челябинский рабочий», 1941, 11 апреля, пятница (№ 84), с. 4

Юрюзань, 10 апреля. (По телеграфу от наш[его] корр[еспондента]) Вчера, в пять часов утра жители Катав-Ивановска были свидетелями необыкновенного явления: в темноте ночи появился ослепительный свет, раздался гул, сопровождавшийся сотрясением воздуха. Сегодня из села Орловки, расположенного в 30 км западнее Катава, сообщили в исполком райсовета, что вблизи села обнаружен налет клейкой массы кроваво-красного цвета шириной в 8 метров, которая тянется свыше километра и уходит в лес. Районные организации предполагают, что упал метеорит и начали поиски места его падения.

II

По следам метеорита

«Челябинский рабочий», 1941, 12 апреля, суббота (№ 85), с. 4

Катав-Ивановск, 11 апреля. (По телефону.) Из разных населенных пунктов района продолжают поступать сообщения очевидцев о редком явлении природы, имевшем место 9 апреля. Севернее Катав-Ивановска, в рабочем поселке Усть-Катав, в деревнях Минка, Вергаза, Верхняя Лука и Владыкино, многие видели огненный шар, от которого во время полета в низких слоях атмосферы отлетали осколки, слышался сильный гром.

На место, где колхозниками села Орловки были найдены первые признаки предполагаемого падения метеорита, выезжал районный работник. Им взяты образцы массы, которой был покрыт снег на пути полета огненного тела. За день мелкие частицы массы превратились из красного в серый цвет. Снег под ними растаял.

Сельсоветам даны указания продолжать дальнейшую разведку местности. Судя по поступившим сообщениям, место падения метеорита находится на северо-западной границе Катавского района вблизи деревни Верхняя Лука или в соседнем Салаватском районе Башреспублики.

О ПОЛИМОРФИЗМЕ КАК ОБЩЕМ СВОЙСТВЕ МАТЕРИИ*

Ученые записки Московского ун-та. Отдел естественно-исторический, 1892,
вып. 9, с. 1–18

Каждое тело может быть получено в трех физических состояниях: твердом, жидком и газообразном. Это старая истина, которая коренилась в умах, пробивалась в работах естествоиспытателей еще далеко раньше, чем было подыскано ей теоретическое обоснование. Если есть химические соединения, которые не могут быть получены во всех этих трех состояниях, то только потому, что они не могут без распада выдержать действия тех агентов, какие мы употребляем теперь для перевода тел из одного состояния в другое. Если есть целый ряд твердых тел, которые не могли быть расплавлены при самых высоких нам доступных температурах, целый ряд жидкостей, которые не могли быть превращены в газ – мы убеждены, что эти твердые тела превратятся в жидкости, а эти жидкости в газы, как скоро мы найдем способ достигать еще высших температур, чем те, какие теперь находятся в нашем распоряжении. Одновременным применением охлаждения и сильного давления обращены за последние 10–15 лет в жидкости и твердые тела самые совершенные газы. И это – одно из самых блестящих опытных открытий последнего двадцатилетия, – еще рельефнее, яснее выставило перед нашим умом возможность для *каждого* химического соединения находиться в тех состояниях: твердом, жидком и газообразном.

Изучение условий перехода в жидкость, в твердое тело и сопровождающих эти переходы тепловых явлений сильно способствовало проникновению в строение вещества; оно помогло выработать начала теории газов, указало на возможность механической теории жидкостей, но еще далеко нам до механической теории твердого состояния материи. Еще до сих пор это состояние – по своей ли сложности или по малой изученности – стоит вне сил нашего анализа; видно, много еще потребуется работы, не мало опытов, измерений и критики прежде, чем будет достигнута механическая теория твердого состояния материи – *pium desiderium* современной науки.

На уже не мало законностей известно нам относительно твердого вещества, и та отрасль знания, которая занимается изучением этих законов, связи между физическими и химическими его свойствами – кристаллография – во многих отделах своих является одной из наиболее обработанных частей естествознания. В ней сведено все к немногим основным положениям и широка область научного точного предсказания и вычисления. Кристаллография охватывает если не все, то во всяком случае большую часть твердого вещества: существует ли действительно твердое вещество не окристаллизованное, т[ак] наз[ываемое] аморфное, не выяснено. По крайней мере, многие опытные и тонкие наблюдатели, искавшие твердого аморфного вещества, его не находили. Конечно, я говорю о химических определенных соединениях – и оставляю в стороне сплавы, стекла и т[ак] н[азываемые] неопределенные соединения или смеси. То, что называем мы «аморфностью» указывает только, что нам доступными способами исследования кристалличность не могла

* Пробная лекция в Московском университете.

быть найдена; целый ряд таких «аморфных» тел впоследствии оказался вполне кристаллическим, только элементы – кристаллы – были так мелки, что не поддавались прежним, менее чувствительным способам исследования. Всякое улучшение в методах неизбежно вызывает нахождение кристаллическости там, где раньше видели одну аморфность. Все свойства аморфного вещества могут быть объяснены распределением без всякого порядка массы мелких кристаллических элементов, и свойства его являются среднею суммой свойств всех этих без порядка расположенных кристаллических индивидов. Если даже аморфные тела и существуют, то в их свойствах не замечается ничего, чтобы резко отличало их от свойств того же вещества, того же соединения, только кристаллического; переход от т[ак] н[азываемого] «аморфного» состояния в кристаллическое совершается вполне аналогично переходу тела из одной кристаллической системы в другую...

Кристаллическим веществом, кристаллом, мы называем такое строение твердого вещества, при котором все физические его свойства одинаковы по одному и тому же направлению и могут быть различными по другим, – в строгой, законной зависимости от направления. Если мы в кристалле проведем ряд параллельных линий, то по всем этим параллельным линиям все свойства, которые так или иначе зависят от протяжения, будут меняться одинаковым образом, будут являться одинаковыми; по всякому направлению, делающему некоторый угол с данными параллельными линиями, свойства могут быть иные. Но в изменении свойств с изменением направления будет замечаться простая зависимость и, зная распределение свойств по нескольким направлениям, можно легко вычислить их по всем остальным. Зная, напр[имер], распределение теплопроводности по нескольким направлениям в кристалле, мы легко вычислим ее по любому другому.

В иных случаях, под влиянием благоприятных условий кристалл может явиться резко отграниченным от остального вещества, – принимает ту *форму равновесия*, какая свойственна данному соединению в твердом состоянии; – он является ограниченным плоскостями, является полиэдром, многогранником. Но и в этом полиэдре, *вне* зависимости от его наружной формы, кристалл является физически однородным, т.е. свойства его зависят от направления, а не от места в кристалле. Каждое химическое соединение может дать множество таких многогранников, плоскости которых находятся между собой под неизменными, строго определенными для данного соединения, наклонами.

Оказывается, что каждое химическое соединение, хотя может давать тысячи, бесконечное множество разнообразных фигур, дает только такие, которые находятся между собою в простой численной зависимости. Если мы имеем измерения наклона 4–5 плоскостей полиэдров данного твердого тела, мы можем вычислить все тысячи углов, какие данное вещество может дать и отличить его т[аким] о[бразом] от всякого другого вещества; никаких других форм, несоизмеримых с данной основной, оно дать не может. И с другой стороны, в большинстве случаев, полиэдры всякого другого химического соединения являются с полиэдрами данного несоизмеримыми.

Другими словами, это указывает, что кристаллическая форма, какую может принять данное вещество, находится в прямой зависимости от его состава; что она есть функция самой сути данного соединения, подобно тому, как являются проявлениями единого целого – химические соединения – и все

другие его свойства, свойства физические или химические. Мы как бы видим индивидуальность данного химического определенного соединения из любого его признака, в том числе и из строения этого соединения в твердом состоянии, т.е. из его кристаллической формы.

Но уже около 80 лет назад были найдены впервые Вокеленом на титановой кислоте исключения из этого правила. Было замечено, что химическое соединение очень простое, окись титана – TiO_2 – может кристаллизоваться в формах между собою несоизмеримых; в тоже время и все другие ее свойства являются в разных ее видоизменениях различными. Мы знаем 3 разности титановой кислоты, являющиеся в природе и искусственно полученные и совершенно отличные друг от друга. Две из них кристаллизуются в квадратной системе, одна в ромбической; удельные веса их различны, оптические свойства также; исследования Готфейля указали, что все они могут быть получены искусственно, и каждая получается в известных, для нее определенных пределах температуры, – при самой высокой – анатаз, брукит – при средней, а рутил – при низшей. По сходству титановой кислоты – с изоморфными ей окислами – SiO_2 , ZrO_3 , SnO_2 , MnO_2 , RuO_2 , RhO_2 – надо допустить для нее, как и для всего этого ряда, еще по крайней мере две новые разности – гексагональные, и такое допущение блистательно подтвердилось не так давно для окисла олова и окиси циркония, когда искусственно удалось Мишель-Леви и Буржуа получить для них гексагональные видоизменения, аналогичные кварцу и тридимиту, которые лишь предполагались на основании изоморфизма.

В чем кроется причина подобного различия в свойствах одного и того же химического соединения? Не зависит ли она от того, что определение тождества химического состава сделано нами недостаточно. Так, мы дали этому соединению формулу TiO_2 , но, принимая атомистическую гипотезу строения материи, атомы могут быть расположены различным способом и в связи с этим изменяются и все свойства данного соединения. Нам известно бесконечное множество таких, так называемых изомерных соединений, которые при равенстве процентного состава обладают совсем разными свойствами, вследствие разности внутренней химической конституции тел – зависит ли она от различного расположения атомов или от разности изменения свойств одних и тех же элементов, входящих в данное соединение.

Вначале изомерия и то явление, которое мы имеем в титановой кислоте и которое называется полиморфизмом, смешивались; да тогда и не было еще того развития органической химии, которое впервые ознакомило нас с разнообразием и значением изомерии. Иногда и теперь трудно решить, имеем ли мы дело с телами изомерными или полиморфными, но как общее правило, такое различие делается легко. Тела изомерные могут несмотря на равенство процентного состава давать при действии одного и того же химического агента различные продукты, их производные обыкновенно также изомерны, они могут различаться и приведенные в жидкое состояние и в растворах. Ничего подобного для полиморфных тел никогда не наблюдалось. Ни один из признаков химических – вообще говоря – в телах полиморфных не оказывался различным – а *eo ipso* мы не можем относить причину различия в свойствах полиморфных тел на их различное внутреннее химическое строение.

Если мы попытаемся дать самое общее определение полиморфизма, исходя из одних наблюдавшихся фактов, то оно выразится следующим образом:

Полиморфизмом называется свойство определенных химических соединений в твердом состоянии давать несколько видоизменений; приведенные в жидкое или газообразное состояние, расплавленные или растворенные все эти видоизменения дают одно и то же тело.

Из определения полиморфизма следует, что все те явления, которые исследуются нами в жидком состоянии, в сплаве или растворе, никакой разницы в свойствах полиморфных тел показать не могут, а с другой, что все те явления, которые исследуются в твердых телах, всегда дадут нам различия. Такими признаками являются: удельный вес, точка плавления, кристаллографическая форма, свойства световые, тепловые, электрические, и отношение твердого тела к действию химических агентов – к растворению (выражающемуся в фигурах вытравления), к окислению, к распадению (выражающемуся, например, в фигурах распада, наблюдаемых при потери кристаллизационной воды и т.п.). Всегда все такие свойства среди полиморфных тел оказывались различными. Конечно, найдется не мало и других свойств, которые при современном состоянии науки не входят в круг обычных определений; редки тела, для которых и все эти признаки были бы определены. Для примера, кроме TiO_2 , возьмем что ли, SbJ_3 ; для нее были найдены и довольно хорошо изучены Куком три разности:

	У. в.	Т. пл.	Оптич.
1. Гексагон. – темно-красн.	4,848	167 °C	Одноосная
2. Ромбич. – желт.	–	не опр.	Двуосная. Уг. опт. осей 36°
3. Однокл. – желт.	4,768	–	» » » » 8°

Во всех тех случаях, когда определялись количественно какие-нибудь свойства двух полиморфных разностей одного и того же химического соединения, они оказывались различными и чем больше делалось определений свойств, тем больше получалось точек различий.

К сожалению, на исследование полиморфизма мало обращалось внимания, он исследовался попутно, случайно и несмотря на это с каждым годом находили все новые и новые случаи полиморфизма. Вначале это явление считалось редкой игрой природы, насчитывали всего десяток случаев. Еще Делафосс в 1844 г. знал лишь 15 примеров полиморфизма, через 4 года Пастеру было известно уже 30, а теперь нам известны по крайней мере три, четыре сотни полиморфных тел. Число это должно быть сильно увеличено. Если мы примем во внимание целую массу тел изоморфных данным соединениям, или те многочисленные изоморфные смеси, какие наблюдались у полиморфных тел со многими другими телами, то количество полиморфных тел должно быть увеличено в много раз. Ненаблюдение полиморфизма у остальной массы химических соединений, кристаллическая форма которых большею частью не изучена, не доказывает отсутствия полиморфных разностей и у этих тел. Отрицательные признаки должны быть приняты в естествознании с большой опаской; мы никогда не описываем явления вполне, как оно в природе происходит, а берем лишь те его стороны, которые кажутся нам важными и интересными с точки зрения наших научных воззрений; иначе мы потерялись бы в многообразии признаков. В описании каждого научного факта красной нитью проходит цель, какую имел наблюдатель, его теоретические и гипоте-

тические предположения, с совершающимся явлением не имеющие ничего общего. То что не интересует наблюдателя, то обыкновенно и не видится. Полиморфизм не входит в обычный круг исканий при изучении химических соединений – потому его находили не всегда. Всякий раз, когда почему-либо начинали искать его – находили его или вернее признаки его существования. Принимая все это во внимание, три-четыре сотни полиморфных тел в настоящее время известных, являются весьма внушительною цифрой, не позволяющею придавать этому явлению роль того исключения из общего правила, какую оно долго имело.

Работы последнего времени указали на явления, которые сопровождают полиморфизм и вызывают еще большее стремление подвергнуть его точному исследованию.

Еще первые наблюдатели полиморфизма, еще Митчерлих, который первый ясно понял его значение, и дал ему определение, заметили, что при известной температуре одно из полиморфных тел может переходить в другое. Франкенгейм в 1830-х годах, около того времени Джонстон целым рядом исследований подтвердили и расширили это наблюдение – но вслед затем оно было совсем забыто в общепринятых работах кристаллографии, и только лет 6 назад, работы Клейна заставили обратить на него должное внимание. В настоящее время мы имеем довольно длинный список тел, для которых известен переход из одной полиморфной разности в другую; явления, которые раскрывались при этом, частью были так неожиданны и важны, что снова сделали из полиморфизма вопрос дня для кристаллографии. В 1876 г. Малляр, один из наиболее видных кристаллографов, отрицал самое существование полиморфизма и давал наблюдаемым явлениям совсем иное объяснение; в 1884 г. ввиду целого ряда доказанных переходов из одной системы в другую, он должен был признать его существование. Работы Клейна, Малляра, Ле Шателье, Вырубова, Беллати, Романезе, Леманна и др[угих] дали нам целую массу фактов, позволяющих представить себе довольно ясно происходящую картину.

Возьмем явление, представляемое нам азотнокислым аммиаком, изученное Франкенгеймом, Леманном, Беллати и Романезе. Азотнокислый аммиак при обычных условиях кристаллизуется в ромбической системе и легко получается в ясных больших кристаллах. Для изоморфного с ним азотнокислого калия давно Франкенгеймом доказаны и изучены две формы – ромбическая и ромбоэдрическая. Ромбические кристаллы азотнокислого аммония постоянны при обыкновенной температуре; станем нагревать их: как только температура достигнет 31° , они сразу тускнеют, изменяются в своих свойствах и из данных форм переходят в формы, несоизмеримые с первыми, хотя кристаллизующиеся тоже в ромбической системе, с другими оптическими свойствами. Около $82,5^{\circ}$ и эта форма является неустойчивой и внезапно и сразу, с поглощением тепла, как и в первом случае, она переходит в новую форму гексагональной системы, в ромбоэдрическое отделение, аналогичное, по-видимому, той форме, которая существует для калиевой и натровой селитры. При 120° и эта форма с поглощением тепла переходит в форму правильной системы, при 168° последняя превращается в жидкость, опять с поглощением тепла, а затем около 200° может быть превращена в газ и разлагается. Если мы станем охлаждать данное тело, то заметим совершенно обратный, стро-

го аналогичный процесс. При 168° из жидкости перейдет в тело правильной с[истемы], при 120° в гексагон[альной], при $82,5^\circ$ – в ромбич[ескую], при 31° – в ромбическую, устойчивую при нашей температуре. Действие дальнейшего охлаждения на азотнокислом аммонии, к сожалению, не изучали. Процесс может повторяться сколько угодно и всегда идет одинаковым образом: совершенно так, как нагревая воду, мы всегда будем получать лед, жидкость, пар – сколько бы раз мы нагревание не повторяли. Подобные явления известны для целого ряда тел; на этой таблице собраны мной немногие из определенных теперь точек превращения; только немного тел, для которых было бы известно теперь столько различных кристаллических систем, столько различных строений твердого состояния на таком ограниченном промежутке температур. Приведу другой пример, обыкновенную серу, где переход при определенной температуре из одной разности в другую прослежен не так полно, но где не меньше различных строений твердого вещества и не менее ясна связь их с температурой. Для серы, оставляя в стороне т[ак] наз[ываемые] аморфные ее состояния, для которых их физическая однородность недостаточно доказана, известно 5, а может быть, 6 различных кристаллических разностей: темная гексагональная, открытая Магнусом, 1-ая одноклиномерная, изоморфная с давно известной для селена, но очень неустойчивая для серы, найд[енная] Мутманом, обыкновенная ромбическая, известная давно и в природе, и легко получаемая из растворов серы, при нашей температуре единственная устойчивая, 2-ая одноклиномерная, получаемая из сплавов и давно известная, 3-я одноклиномерная, открытая недавно Жернезом; наконец, Сильвестри указывал на существование еще трехклиномерной серы, хотя существование последней не является вполне доказанным. Под влиянием нагревания наблюдался переход всех этих разностей; при обыкновенной температуре все они, кроме ромбической, являются неустойчивыми и все быстро или медленно переходят в эту ромбическую разность. Все они получаются при разных температурах, напр[имер], открытая Жернезом 2-ая одноклиномерная при темп[ературе] около $140\text{--}150^\circ$, а новая разновидность Мутмана около 0°C и т.п. Одним словом, и здесь ясно видна зависимость от температуры.

Если мы обратимся опять к случаю, представляемому азотнокислым аммиаком, то мы заметим следующее: точка перехода из одной системы в другую вполне аналогична точкам перехода из одного состояния в другое; назовем их точками превращения. (**Umwandlungstemperaturen** авторов, писавших по-немецки.) Они обратны и постоянны при постоянном давлении. Каждый раз при этой температуре резко изменяются все свойства тела, которые только изучались; явление превращения сопровождается тепловым эффектом всегда постоянным и обратным, т.е. сколько тепла они поглощают при переходе в направлении от ромбической системы в правильную, столько выделяют при обратном процессе, при охлаждении, при переходе из правильной в ромбическую. По наблюдениям Беллати и Романезе, эти теплоты на 1 грамм вещества равны:

Из α ромбич.	в β ромбич.	5,02	калорий
» β »	» гексагон.	5,33	»
» гексагон.	» правильн.	11,56	»

Эти теплоты вполне аналогичны теплотам перехода тел из одного состояния в другое и они изменяются аналогично; скрытая теплота плавления всегда меньше скрытой теплоты кипения, то же самое замечаем мы и здесь соответственно приближению к жидкому состоянию материи. Они измеряют работу, которую надо произвести для того, чтобы из одной системы тело перешло в другую кристаллическую систему. Несомненно от массы таких измерений можно ждать многих интересных и важных указаний для более глубокого понимания тех процессов, какие совершаются в твердых телах; может быть, эти тепловые данные послужат вехами для построения механической теории твердого тела. К сожалению, таких чисел еще очень мало – мы имеем только измерения для борацита при переходе его при 400° из ромбической системы в правильную, для лейциты, сернокислого и азотнокислого калия и т.п., всего для десятка двух тел. В последнее время только итальянский ученый Беллати со своими учениками последовательно и настойчиво работает в этом направлении. Выводов можно ждать по самому свойству этих чисел, только при массе фактов, подобно тому, как только масса данных позволила найти общие явления в числах термодинамики. Можно надеяться, что эти термические вычисления для кристаллографии будут играть ту же роль, какую играет термодинамика в современном развитии теоретической химии.

Аналогия между переходом из одного состояния в другое, из жидкого – в газ или твердое тело, и между переходом из различных полиморфных разновидностей одна в другую, не ускользнула от первых работников, и Франкенгейм и Джонстон подчеркнули ту аналогию, какая бьет в глаза между физическими состояниями вещества и его полиморфными разновидностями. Новейшие работники – особенно Ле Шателье, отчасти Малляр, Грот – для иных соединений признают такое тождество; но б[ольшей] ч[астью] они выделяют целый класс полиморфных тел, для которых не доказаны такие точки превращения, а наблюдались точки необратные. При нагревании такие тела переходят в другую разновидность, в которой и остаются по охлаждению; подобных случаев очень много, напр[имер], углекислая известь (арагонит), в своей ромбической разновидности переходящая при нагревании в гексагональную (кальцит) и в ней остающаяся, таковы, напр[имер], андалузит и дистен, переходящие в силлиманит ромбической системы при нагревании и по охлаждению не дающие вновь дистена или андалузита и т.п. Для объяснения полиморфизма таких тел, некоторые кристаллографы принимают, что химические молекулы, образующие кристаллическую молекулу, находятся в неустойчивом равновесии и при нагревании до известной температуры они сразу переходят в единственную существующую для данного соединения устойчивую форму.

Целый ряд фактов неустойчивых соединений приходится наблюдать постоянно, особенно изучая кристаллизацию тел; очень многие тела, прежде чем примут окончательно ту форму, в какой выкристаллизовываются из растворов, проходят целый ряд других, неустойчивых форм, быстро проявляющихся и также быстро исчезающих. Но есть факты для некоторых из таких форм, напр[имер], S , KNO_3 и т.п., указывающие, что они, неустойчивые при наших обычных температурах, при температурах других являются наоборот наиболее устойчивыми – и что формы «устойчивые» в наших температурах при наблюдении кристаллизации таких тел в других температурах играют роль быстро переходящих, неустойчивых стадий. Есть случаи, когда в близких телах одно соединение дает

точки превращения, и следовательно полиморфизм будет рассматриваться как явление аналогичное состоянию материи, а другое дает точки перехода необратимые и следовательно полиморфизм будет иметь совсем другую причину. Таковы углекислые стронций и кальций: формы обоих вполне одинаковы, по свойствам соединения также чрезвычайно близки – между тем, как при нагревании до 700° углекислый стронций превращается в гексагональную форму и при охлаждении вновь возвращается назад, в ромбическую систему; углекислый кальций имеет точку перехода невозвратную, лежащую недалеко от той же температуры. Странно было бы если бы такие близкие «изоморфные» тела имели разные причины своего полиморфизма и эти разные причины имели одинаковые следствия, в обоих случаях получались бы соединения почти тождественные: арагонит и стронцианит, кальцит и ромбоэдрический углекислый стронций. Ле Шателье указал на замечательное и крайне важное свойство таких точек перехода из одной системы в другую, которые не являются обратными. Их тепловой эффект обратен тепловому эффекту точек превращения. Если мы будем нагревать твердое тело, то оно для перехода из твердого в жидкое должно поглотить известное число калорий тепла и это тепло пойдет на внутреннюю работу, на преодоление – что ли, сил сцепления твердого тела. То же самое и для превращений жидкости в газ. То же самое видели мы на примере азотнокислого аммиака при переходе из одной кристаллической системы в другую, то же самое будет и для углекислого стронция и т.п. Но совсем иное будет для углекислой извести, для дистена, для всех тех случаев, где точки перехода необратимы. Здесь при нагревании тело переходит из одной системы в другую и при этом выделяется *тепло*. Следовательно, явление аналогичное переходу газа в жидкость, жидкости в твердое тело и т.п.

Однако и такие тела, для которых еще не определены точки превращения и которые дают такие точки необратимые, не являются исключением из той аналогии, какую проводят между полиморфическими разностями и различными физическими состояниями. При допущении полной фактической аналогии между этими явлениями и предположением, что нет случаев полиморфизма, являющихся исключением, мы можем высказать следующее положение: *Каждое определенное химическое соединение, обладающее т[ак] наз[ываемым] полиморфизмом, имеет не одно твердое состояние, а ряд строго определенных твердых состояний, являющихся для нас в виде его полиморфных разностей и вполне аналогичных его жидкому и газообразному состояниям.*

Из такого определения следует, что есть строгие интервалы температур, когда для одного и того же химического соединения является устойчивым то строение твердого вещества, которое выражается кристаллической системой тела при температуре интервала, и другие интервалы, когда для того же самого соединения являются устойчивыми другие строения твердого состояния. Как бы велики эти интервалы температур для иных тел ни были, они, судя по изученным примерам, в общем не особенно значительны; надо ждать, что и для остальных тел, которые ничем резко от изученных не отличаются, такие интервалы существуют и могут быть найдены; надо допустить, что и для всех тел должны существовать полиморфные разности, различные строения твердого состояния, при различных температурах, как существуют для всех тел жидкое и газообразное состояние. Надо допустить, что то, что называется полиморфизмом, есть общее свойство материи.

Если переходы из одной полиморфной разности в другую аналогичны переходам из одного состояния в другое, то они должны сопровождаться аналогичными процессами. Кроме тепловых эффектов, которые мы рассмотрели, должны существовать и другие явления, указывающие на ту же аналогию. При точке превращения должно быть более резко выраженное изменение всех свойств, мы должны приходиться к той же температуре превращения, из какого бы мы свойства не исходили, как из изучения изменения кристаллических, так и всяких других физических свойств. И с этой точки зрения вывод получает полное подтверждение, тем более ценное, что оно делалось людьми без всякого предвзятого взгляда. Напр[имер], Осмонд, на основании изучения термических и других свойств, пришел к заключению, что при температуре около 730° железо переходит из одного видоизменения в другое. Из изучения магнитных свойств Ле Шателье определил эту температуру в 700° , а Пионшон, на основании исследования теплоемкости, в $710\text{--}720^{\circ}$. То же самое известно для Fe_3Ni , для кремнекислоты и т.п.

Я не буду останавливаться на других выводах, которые могут быть проверены опытом, остановлюсь только на одном явлении, которое наблюдалось при переходе из жидкого в газообразное или твердое состояние и которое по самим свойствам твердого тела должно еще резче, чаще и сильнее встречаться при переходе из одного твердого состояния в другое твердое. Не раз наблюдались, известны и все еще увеличивается число их, случаи, когда жидкие тела могли оставаться жидкими ниже температуры плавления или выше температуры кипения. Это явление перегретости, переохлажденности. В таком случае, жидкость – напр[имер], жидкая сера в мелких каплях может являться жидкой и при обыкновенной температуре (а точка ее плавления 113°) – при нагревании или сотрясении, при давлении она переходит сразу в твердое состояние. Здесь, нагревая тело (жидкую серу), находящееся в одном состоянии (жидком), мы переводим его в другое состояние (твердое) с выделением тепла и при охлаждении оно, понятно, остается в вновь полученном состоянии. Это явление совершенно аналогичное тому, какое наблюдается в твердых полиморфных разностях без обратимой точки превращения. И так нагревая, напр[имер], арагонит, мы с выделением тепла переводим его в кальцит, – в каком состоянии он по охлаждении остается. Только, вследствие самого характера твердого тела и меньшей разницы между различными твердыми состояниями, чем между состояниями жидкими, газообразными и твердыми – такие случаи должны быть чаще, должны быть сильнее, должны быть возможны в больших пределах температур. Это даже больше, чем предположение! Франкенгейм для йодистой ртути, Жернез для серы, Кук для йодистой сурьмы и т.п. могли доказать существование такой «кристаллической перегретости» (*«surchauffe cristalline»*) по выражению Жернеза; тепловые отрицательные эффекты, изученные Ле Шателье, Беллати и др., указывают на состояние переохлаждения. В таких полиморфных телах, находящихся в перегретом или переохлажденном состояниях, переход легко совершается механически – трением, давлением и т.п. И мы имеем множество подобных наблюдений для S, Hg, J_2 и т.п. Вероятно, не один процесс в горных породах имеет ту же причину. Даже чисто логически, вследствие способов исследования и источника получения наших сведений о полиморфизме, надо было ждать, что мы на первых же порах познакомимся с самыми выдающимися

примерами подобной способности. Потому что мы заметили полиморфизм и до самого последнего десятилетия изучали его только на телах, которые одновременно при одной и той же температуре могли существовать в нескольких разностях. Очевидно, такие случаи могли замечаться главным образом среди тел, у которых способность к перегретости и переохлаждению развита наиболее сильно. Так что мы даже не можем утверждать, чтобы она действительно была развита так сильно и широко, как это нам теперь кажется.

Во всяком случае – допущение этого явления будет простым логическим следствием признания фактической аналогии между состояниями материи и полиморфными разностями; оно делает лишним деление тел полиморфных на два отдела, для которых других уловимых признаков мы не видим.

Такой взгляд на полиморфизм, пробивающийся, по-видимому, из наблюдаемых фактов, заставляет предполагать сильное изменение той основной задачи, которая почти три четверти столетия стоит перед кристаллографией: связи между формой и составом. Между различными полиморфными разностями, строениями твердого тела, какое принимает данное химическое соединение, должна быть законная, м[ожет] б[ыть], простая связь.

На это указывают наблюдения Лорана, Ладрея, Штрауфа и др[угих], которые нашли, что в формах полиморфных тел сохраняются почти неизменными иные наклоны плоскостей, целые пояса, на это указывают наблюдения Ладрея, Пастера над близостью вообще форм полиморфных тел, хотя бы и принадлежащих к разным системам.

На это указывает и другое явление, составляющее одно из важнейших последних приобретений нашей науки, и на значение которого для полиморфизма указывал еще Дюма и недавно Крейц. Это расширение кристаллов от теплоты. Под влиянием изменения температуры наклоны плоскостей меняются – кристаллы находятся как бы в вечном колебательном, пульсирующем состоянии; те различные формы, какие принимает кристалл при разных температурах, изучены, и работы Ферстера. Блазиуса и др[угих] доказали, что все эти формы находятся между собою в простой геометрической зависимости и могут одна из другой быть математически выведены. Переход в другую систему есть предельный случай такого расширения от теплоты и, вероятно, совершается в том же направлении. Здесь тоже может быть непрерывность, подобно тому как существует она, вероятно, между жидким и газообразным состоянием материи.

Таким образом, основная задача кристаллографии: связь формы с составом – меняется.

Каждому химическому соединению свойственно несколько кристаллических форм в зависимости от температуры. Найти закон, связывающий эти различные формы для одного и того же соединения, сравнить эти законы для разных химических соединений, указать на связь с составом различных точек превращения, связь с составом разных интервалов температуры, когда устойчивы для данного соединения, те или иные строения его твердого состояния – вот те задачи, какие, кажется мне, начинают вырисовываться на горизонте. Они требуют многих сил, многочисленных работников, упорного, тяжелого труда.

И такие силы у науки найдутся. Потому что только этим путем, путем научного труда и научной мысли удовлетворяются самые сильные, глубокие, непреодолимые стремления человеческой личности – стремления к истине и к идее.

Москва. Октябрь 1890 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к девятому тому	5
ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ И ЕЕ ОКРУЖЕНИЯ	
Геологическое и геохимическое проявление Земли как планеты в Солнечной системе и в Млечном пути. Биосфера и связанные с ней геологические оболочки Земли	7
<i>Глава I.</i> Земля как планета в Солнечной системе и в Млечном пути (§§ 1–17).....	7
<i>Глава II.</i> Основные геологически важные предпосылки планетных свойств Земли (§§ 18–32)	29
<i>Глава III.</i> Общие понятия о биосфере (§§ 33–39)	53
<i>Глава IV.</i> Неоднородность строения биосферы (§§ 40–42)	65
<i>Глава V.</i> Таблица Филлипса–Кларка–Фохта и ее геологическое значение (§§ 43–49)	68
<i>Глава VI.</i> Земная кора – область былых биосфер, поверхность современной биосферы на суше (§§ 50–54).....	77
<i>Глава VII.</i> Геологическое строение материков (§§ 55–60)	84
<i>Глава VIII.</i> Гранитная оболочка. Особое положение Тихого океана (§§ 61–65)	90
<i>Глава IX.</i> Радиоактивный распад химических элементов и его значение в геологии планеты (§§ 66–70)	96
<i>Глава X.</i> Концентрация радиоактивной энергии в верхних геосферах Земли (§§ 71–78)	101
<i>Глава XI.</i> Астрономический характер геологических оболочек (§§ 79–87) ...	111
<i>Глава XII.</i> Диссимметрия геологических оболочек и геосфер (§§ 88–93)	122
<i>Глава XIII.</i> Обзор геологических оболочек и геосфер Земли как планеты (§§ 94–104)	129
<i>Глава XIV.</i> Современное состояние наших знаний о химическом составе геологических оболочек и геосфер (§§ 105–112)	147
Геохимическая структура биосферы. Планетная роль живого вещества.....	158
<i>Глава XV.</i> Планетное значение жизни. Симметрия как геометрическое проявление эмпирических состояний пространства. Состояние пространства косных природных тел нашей планеты (§§ 113–131)	158

<i>Глава XVI.</i> Состояния пространства, отвечающие живому веществу (§§ 132–144)	198
<i>Глава XVII.</i> Геологические оболочки и геосферы в структуре биосферы. Диссимметрия и ее значение (§§ 145–157).....	215
<i>Глава XVIII.</i> Особая роль гидросферы на нашей планете (§§ 158–166)	232
<i>Глава XIX.</i> Живое вещество биосферы Земли как планетное явление (§§ 167–205)	240
<i>Глава XX.</i> Значение биогеохимических принципов и биогеохимической энергии роста и размножения живого вещества в структуре биосферы (§§ 206–234)	300

О НООСФЕРЕ

Биосфера и ноосфера	341
Биосфера	341
Ноосфера	345
Несколько слов о ноосфере	352

СТАТЬИ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ БИОСФЕРЫ

О концентрации радия живыми организмами	362
О концентрации радия растительными организмами	363
К вопросу о радиоактивности нефтяных буровых вод	366
Об исследовании на радию нефтяных месторождений Союза (Совместно с В.Г. Хлопиным)	368
Радиоактивность и новые проблемы геологии.....	373
Торий или мезоторий в морской воде?	387
Проблемы радиогеологии.....	394
О некоторых очередных проблемах радиогеологии.....	437
О значении радиогеологии для современной геологии	452
О необходимости выделения и сохранения чистых тяжелых изотопов природных радиоактивных процессов.....	475
Об элементах редких земель в массивных горных породах.....	481
Химические элементы и механизм земной коры	483
О рассеянии химических элементов	489
Геохимия марганца в связи с учением о полезных ископаемых	497
О количественном учете химического атомного состава биосферы.....	513
Об изучении космической пыли	541
О необходимости организованной научной работы по космической пыли	551
Где метеорит?	561
О полиморфизме как общем свойстве материи	563

Научное издание

ВЕРНАДСКИЙ
Владимир Иванович

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ
в двадцати четырех томах

Том девятый

Химическое строение
биосферы Земли и ее окружения.
Биосфера и ноосфера

Утверждено к печати
Ученым советом

Института геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского Российской академии наук,
Комиссией РАН по разработке научного наследия
академика В.И. Вернадского

Художник *В.Ю. Яковлев*
Технический редактор *Н.А. Посканная*
Корректоры *Е.А. Желнова, Р.В. Молоканова,*
Т.А. Печко, Т.И. Шеповалова
Компьютерная верстка *Н.В. Мелковой*

Подписано к печати 15.07.2013
Формат 70 × 100^{1/16}, Гарнитура Таймс
Печать офсетная
Усл.печ.л. 46,9. Усл.кр.-отг. 46,9. Уч.-изд.л. 46,5
Тип. зак.

Издательство «Наука»
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

E-mail: secret@naukaran.ru
www.naukaran.ru

ППП «Типография “Наука”»
121099, Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-02-038113-1



9 785020 381131