

БИОСФЕРА¹

От автора

Среди огромной геологической литературы отсутствует связный очерк биосферы, рассматриваемой как единое целое, как закономерное проявление механизма планеты, ее верхней области — земной коры.

Сама закономерность ее существования обычно оставляется без внимания. Жизнь рассматривается как случайное явление на Земле, а в связи с этим исчезает из нашего научного кругозора на каждом шагу проявляющееся влияние живого на ход земных процессов, не случайное развитие жизни на Земле и не случайное образование на поверхности планеты, на ее границе с космической средой, особой охваченной жизнью оболочки — *биосферы*.

Такое состояние геологических знаний теснейшим образом связано с своеобразным, исторически сложившимся представлением о геологических явлениях как о совокупности проявления мелких причин, *клубка случайностей*. Из научного сознания исчезает представление о геологических явлениях как о явлениях *планетных*,

¹ Одна из центральных теоретических работ В. И. Вернадского. Включает два очерка — «Биосфера в космосе» и «Область жизни». Впервые была опубликована в 1926 г. в Ленинграде (Научно-техническое издательство) и позже в Париже (La biosphère. Paris: Alcan, 1929). Очерки публикуются с дополнениями автора, сделанными им для французского издания 1929 г. — *Ред.*

свойственных в своих законностях не только одной нашей Земле, и о строении Земли как о согласованном в своих частях *механизме*, изучение частных его должно идти в теснейшей связи с представлением о нем как о целом.

В общем, в геологии, в явлениях, связанных с жизнью, изучаются частности. Изучение отвечающего им *механизма* не ставится как задача научного исследования. И когда она не ставится и ее существование не сознается, исследователь неизбежно проходит мимо ее проявлений, окружающих нас на каждом шагу.

В этих очерках автор попытался иначе посмотреть на геологическое значение явлений жизни.

Он не делает никаких гипотез. Он пытается стоять на прочной и незыблемой почве — на эмпирических обобщениях. Он, основываясь на точных и бесспорных фактах, пытается *описать* геологическое проявление жизни, дать картину совершающегося вокруг нас планетного процесса.

При этом, однако, он оставил в стороне *три предвзятые идеи*, исторически выясненное проникновение которых в геологическую мысль кажется ему противоречащим существующим в науке эмпирическим обобщениям, этим основным достижениям естествоиспытателя.

Одна из них — это указанная выше идея о геологических явлениях как о *случайных совпадениях причин*, или слепых по самому существу своему, или кажущихся такими по их сложности и множественности, не разложимых в данную эпоху научной мыслью.

Это обычное в науке предвзятое представление только отчасти связано с определенным философско-религиозным миропониманием; главным образом оно является следствием неполного логического анализа основ эмпирического значения.

Другие распространенные в геологической работе предвзятые идеи кажутся автору всецело связанными с чуждыми эмпирической основе науки, вошедшими в нее извне построениями. С одной стороны, принимается логически неизбежным существование *начала жизни*, ее возникновение в ту или в другую стадию геологического прошлого Земли. Эти идеи вошли в науку из религиозно-философских исканий. С другой стороны, считается логически непреложным отражение в геологических явлениях *догеологических стадий развития планеты*, имевшей облик, резко отличный от того, какой подлежит нашему научному исследованию. В частности, считается непреложным бывшее существование огненно-жидкой или горячей газообразной стадии Земли. Эти представления вошли в геологию из области философских, в частности космогонических, интуиций и исканий.

Автор считает логическую обязательность следствий из этих идей иллюзией и принятие во внимание этих следствий в текущей геологической работе в данный момент развития геологии вредным, тормозящим и ограничивающим научную работу обстоятельством. Не предвзято существование *механизма планеты*, согласованного в единое целое бытия ее частей, он пытается, однако, охватить с этой точки зрения имеющуюся эмпирически научно установленную совокупность фактов и видит, что при таком охвате геологическое отражение жизни вполне отвечает такому представлению. Ему кажется, что существование планетного механизма, в который входит как определенная составная часть жизни и, в частности, область ее проявления — биосфера, отвечает всему имеющемуся эмпирическому материалу, неизбежно вытекает из его научного анализа.

Не считая логически обязательным допущение начала жизни и отражения в геологических явлениях космиче-

ских стадий планеты, в частности существования для нее когда-то огненно-жидкого или газообразного состояния, автор выбрасывает их из своего круга зрения. И он, не находя никакого следа их проявления в доступном изучению эмпирическом материале, полагает возможным поэтому считать эти представления ненужными надстройками, чуждыми имеющимся крупным и прочным эмпирическим обобщениям. В дальнейшем анализе этих обобщений и связанном с ними теоретическом синтезе следует оставить в стороне эти в них не находящие опоры философские и космогонические гипотезы. Надо искать новые.

Печатаемые два очерка — «Биосфера в космосе» и «Область жизни» — независимы друг от друга, но тесно связаны между собой указанной выше общей точкой зрения. Необходимость их обработки выявилась для автора во время работы над явлениями жизни в биосфере, которую он ведет неуклонно с 1917 г.

В. И. Вернадский
Прага, февраль 1926

Очерк первый

БИОСФЕРА В КОСМОСЕ

Невозмутимый строй во всем,
Созвучье полное в природе.

Ф. Тютчев. 1865.

Биосфера в мировой среде

§ 1. Своеобразным, единственным в своем роде, отличным и неповторяемым в других небесных телах представляется нам *лик Земли* — ее изображение в космосе, вырисовывающееся извне, со стороны, из дали бесконечных небесных пространств.

В лике Земли выявляется поверхность нашей планеты, ее *биосфера*, ее наружная область, отграничивающая ее от космической среды. Лик Земли становится видимым, благодаря проникающим в него световым излучениям небесных светил, главным образом Солнца. Он собирает всюду из небесных пространств бесконечное число различных излучений, из которых видимые нам световые являются ничтожной частью.

Из невидимых излучений нам известны пока немногие. Мы едва начинаем сознавать их разнообразие, понимать отрывочность и неполноту наших представлений об окружающем и проникающем нас в биосфере мире излучений, об их основном, с трудом постижимом уму, привыкшему к иным картинам мироздания, значении в окружающих нас процессах.

Излучениями нематериальной среды охвачена не только биосфера, но все доступное, все мыслимое пространство. Кругом нас, в нас самих, всюду и везде, без перерыва, вечно сменяясь, совпадая и сталкиваясь, идут излучения разной длины волны — от волн, длина которых исчисляется десяти миллионными долями миллиметра, до длинных, измеряемых километрами.

Все пространство ими заполнено. Нам трудно, может быть и невозможно, образно представить себе эту среду, космическую среду мира, в которой мы живем и в которой — в одном и том же месте и в одно и то же время — мы различаем и измеряем по мере улучшения наших приемов исследования все новые и новые излучения.

Их вечная смена и непрерывное заполнение ими пространства резко отличают лишенную материи космическую среду от идеального пространства геометрии.

Это — излучения разного рода. Они выявляют изменение среды и находящихся в ней материальных тел. Одни из них для нас вырисовываются в форме энергии — *передачи состояний*. Но наряду с ними, в том же космическом пространстве, часто со скоростью того же порядка, идет иное *излучение* быстро переносящихся отдельных *мельчайших частиц*, наиболее изученными из которых, помимо материальных, являются электроны, атомы электричества, составные части элементов материи — атомов.

Это две стороны одного и того же явления, между ними есть переходы. Передача состояний есть проявление движения *совокупностей*, будут ли то кванты, электроны, магнетоны, заряды. Движение отдельных их элементов связано с совокупностями; сами они могут оставаться на месте.

Излучение частиц есть проявление переноса отдельных элементов совокупностей. Эти частицы, так же как

и излучения, связанные с передачей состояний, могут проходить через строящие мир материальные тела. Они могут являться столь же резкими источниками изменения явлений, наблюдаемых в среде, в которую они попадают, как являются ими формы энергии.

§ 2. Сейчас мы далеки от сколько-нибудь удовлетворительного их познания и можем в области геохимических явлений биосферы пока не принимать во внимание излучения частиц.

Но мы должны на каждом шагу считаться во всех наших построениях с теми излучениями передачи состояний, которые являются для нас формами энергии. В зависимости от формы излучений, в частности, например, от длины их волн, они будут нам проявляться как свет, теплота, электричество, будут различным образом менять материальную среду, нашу планету и тела, ее составляющие. Исходя из изучения длины волн, можно различить огромную область таких излучений.

Она охватывает сейчас около сорока октав. Мы можем получить ясное представление об этом числе, вспомнив, что одной октавой является видимая часть солнечного спектра. Мы явно не дошли в этой форме до полного охвата мира, до познания всех октав. Все дальше и дальше расширяется область излучения с ходом научного творчества... Но в наши научные представления о космосе, в наши обычные построения мира входят немногие даже из тех сорока октав, существование которых является несомненным.

Космические излучения, принимаемые нашей планетой, строящие, как увидим, ее биосферу, лежат только в пределах *четырёх с половиной октав* из сорока нам известных. Нам кажется невероятным отсутствие остальных октав в мировом пространстве; мы считаем это отсутствие кажущимся, объясняем его их поглощением

в материальной разреженной среде высоких слоев земной атмосферы.

Для наиболее известных космических излучений — лучей Солнца — известна одна октава световых лучей, три октавы тепловых и пол-октавы ультрафиолетовых. Представляется несомненным, что эта последняя является небольшим осколком, пропущенным стратосферой (§ 114).

§ 3. Космические излучения вечно и непрерывно льют на лик Земли мощный поток сил, придающий совершенно особый, новый характер частям планеты, граничащим с космическим пространством.

Благодаря космическим излучениям биосфера получает во всем своем строении новые, необычные и неизвестные для земного вещества свойства, и отражающий ее в космической среде лик Земли выявляет в этой среде новую, измененную космическими силами картину земной поверхности.

Вещество биосферы благодаря им проникнуто энергией; оно *становится активным*, собирает и распределяет в биосфере полученную в форме излучений энергию, превращает ее в конце концов в энергию в земной среде свободную, способную производить работу.

Образованная им земная поверхностная оболочка не может, таким образом, рассматриваться как область только вещества; это область энергии, источник изменения планеты внешними космическими силами.

Лик Земли ими меняется, ими в значительной мере лепится. Он не есть только отражение нашей планеты, проявление ее вещества и ее энергии — он одновременно является и созданием внешних сил космоса.

Благодаря этому история биосферы резко отлична от истории других частей планеты, и ее значение в планетном механизме совершенно исключительное. Она в та-

кой же, если не в большей, степени есть создание Солнца, как и выявление процессов Земли. Древние интуиции великих религиозных созданий человечества о тварях Земли, в частности о людях как *детях Солнца*, гораздо ближе к истине, чем думают те, которые видят в тварях Земли только эфемерные создания слепых и случайных изменений земного вещества, земных сил.

Твари Земли являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма, в котором, как мы знаем, нет случайности.

§ 4. К тому же самому выводу приводят нас резко меняющиеся за последние годы наши представления о *веществе*, из которого построена биосфера. Исходя из них, для нас является неизбежным видеть в веществе биосферы проявление космического механизма.

Это отнюдь не является следствием того, что часть вещества биосферы, может быть большая, неземного происхождения, попадает на нашу планету извне, из космических пространств. Ибо это приходящее извне вещество — космическая пыль и метеориты — неотличимо в своем внутреннем строении от земного. Многое нам еще непонятно и неясно в неожиданном характере его строения, нам сейчас открывающегося. Еще мы не достигли определенного и полного о нем представления; однако совершающиеся изменения наших представлений о нем так велики и настолько меняют все наше понимание геологических явлений, что на них необходимо остановиться прежде всего, при первом нашем вступлении в эту область земных явлений.

Несомненно, одинаковость строения достигающего до нас космического вещества со строением вещества Земли не ограничивается биосферой — тонкой наружной пленкой планеты. Оно то же для всей земной коры, для

оболочки литосферы мощностью в 60—100 км, верхнюю часть которой является неразрывно и постепенно с нею сливающаяся биосфера (§ 90).

Нельзя сомневаться, что и вещество более глубоких частей планеты того же характера, хотя химический состав его иной и хотя, по-видимому, оно всегда чуждо земной коре. Поэтому его можно оставить без внимания при изучении явлений, наблюдаемых в биосфере. Вещество земных областей, лежащих ниже земной коры, едва ли проникает в нее в сколько-нибудь значительных количествах в короткие периоды времени.

§ 5. Долгое время не возбуждало никакого сомнения представление, что химический состав земной коры обуславливается чисто геологическими причинами и является результатом взаимодействия многочисленных разнообразных, мелких и крупных геологических явлений.

Объяснение ему искали в совокупности действия тех самых геологических явлений, которые мы наблюдаем и сейчас в окружающей нас среде: в химическом и в растворяющем действии вод, атмосферы, организмов, вулканических извержений и т. п. Земная кора, казалось, получила современный свой химический состав — качественный и количественный — в результате взаимодействия одних и тех же геологических процессов в течение всего геологического времени и неизменных за этот период свойств химических элементов.

Такое объяснение представляло многочисленные трудности, и наряду с ним существовали еще более сложные представления об изменении во времени геологических явлений, вызвавших этот химический состав. В связи с этим стали видеть в этом составе отражение древних периодов истории Земли, не похожих на современный; стали считать земную кору за измененную окалину некогда расплавленной массы нашей планеты, образовав-

шуюся на земной поверхности в полном согласии с законами распределения химических элементов таких застывающих при понижении температуры расплавленных масс. Для объяснения преобладания в ней определенных относительно легких элементов обращались к еще более древним периодам земной истории, предшествовавшим образованию земной коры, — к космическим периодам — и считали, что в это время при образовании из туманности ее расплавленной массы ближе к центру скопились более тяжелые химические элементы.

Во всех этих представлениях состав земной коры связывался с геологическими явлениями. Элементы участвовали в них своими химическими свойствами, когда они могли давать, химические соединения, своим атомным весом при высокой температуре, когда все соединения представлялись неустойчивыми.

§ 6. Несомненно, что сейчас выясняются в химическом составе земной коры законности, которые в корне противоречат этим объяснениям.

И в то же время общая картина химического строения всех других небесных светил открывает перед нами такую их сложность, своеобразие и закономерность, которые раньше не могли даже подозреваться.

В составе нашей планеты, и земной коры в частности, открываются указания на явления, далеко выходящие за ее пределы. Мы не можем их понять, если не отойдем от области земных, даже планетных явлений, не обратимся к строению всей космической материи, к ее атомам, к их изменению в космических процессах.

В этой области быстро накапливаются разнообразные указания, едва охваченные теоретической мыслью. Их значение только начинает сознаваться. Они не всегда могут быть ясно и определенно сформулированы, и выводы из них обычно не делаются.

Огромное значение этих явлений не должно, однако, забываться. Эти новые факты должны теперь же учитываться в их неожиданных следствиях. Три области явлений могут быть уже теперь отмечены: 1) особое положение элементов земной коры в периодической системе; 2) их сложность и 3) неравномерность их распространения.

Так, в массе земной коры резко преобладают химические элементы, отвечающие четным атомным числам (Оддо, 1914). Объяснить это явление геологическими причинами, известными нам, мы не можем. К тому же немедленно выяснилось, что то же самое явление выражено еще более резко для единственных чуждых земле космических тел, доступных непосредственному научному изучению, — для метеоритов (Гаркинс, 1917).

Область других фактов является, может быть, еще более непонятной. Попытки объяснить их геологическими причинами (Д. Томсон, 1921) противоречат известным в этой области явлениям. Нам непонятна *неизменная сложность* земных химических элементов, определенные постоянные соотношения между количеством изотопов, в них входящих. И здесь изучение изотопов в химических элементах метеоритов указало на тождественность смесей в этих явно различных по своей истории и положению в космосе тел.

Явной стала и невозможность объяснить определенный состав земной коры — и нашей планеты — различным атомным весом элементов, в нее входящих. Не геологические, а какие-то другие причины должны объяснить различие состава земной коры и земного ядра; не может быть случайным выявляющееся сходство между составом метеоритов и более глубоких слоев нашей планеты. Причину преобладания относительно легких элементов, но в том числе и довольно тяжелого железа,

в земной коре следует искать не в геологических или геохимических явлениях, не в земной только истории. Она лежит глубже — она связана с историей космоса, может быть, со строением химических элементов.

Новое неожиданное подтверждение этого вывода получается сейчас в выясняющемся сходстве состава *наружных частей* Земли (т. е. земной коры), Солнца и звезд. Еще в 1914 г. Рассель указал на сходство состава земной коры с составом Солнца (т. е. наружных его слоев, которые мы изучаем). Еще резче эти соотношения выступают в новых работах над спектрами звезд. Так, работы Ц. Пайн (1925) дают следующий ход — в порядке убывания — распространенности химических элементов: Si — Na — Mg — Al — C—Ca — Fe (> 1% — первая декада); Zn — Ti — Mn — Cr — K (0,1%—1% — вторая декада). Здесь выявляется перед нами ясная аналогия с тем же порядком следования химических элементов земной коры: O — Si — Al — Fe — Ca — Na — K — Mg.

Эти работы — первые достижения в новой и большой области явлений. Несомненно, они еще требуют подтверждения и проверки, но мы не можем сейчас закрывать глаза и не считаться с тем, что первые полученные результаты резко подчеркивают сходство состава наружных оболочек небесных тел — Земли, Солнца, звезд.

Наружные части небесных светил связаны непосредственно с космической средой; они находятся путем излучений во взаимодействии друг с другом. Может быть, объяснение этого явления надо искать в обмене материей, который, по-видимому, происходит между этими телами и имеет место в космосе.

Иную картину являют, по-видимому, более глубокие части тел мироздания. Метеориты и внутренние массы Земли резко отличны по составу от известных нам наружных оболочек.