



ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ

ВЕРНАДСКИЙ

*БИОСФЕРА
И НООСФЕРА*

*Книги, изменившие мир.
Писатели, объединившие
поколения.*

р у с с к а я к л а с с и к а

Эксклюзив: Русская классика

Владимир Вернадский
Биосфера и ноосфера

«Издательство АСТ»

1931

УДК 57.02
ББК 28.08

Вернадский В. И.

Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский — «Издательство АСТ», 1931 — (Эксклюзив: Русская классика)

ISBN 978-5-17-145376-3

По Вернадскому, все живое на Земле составляет биосферу – своеобразную оболочку планеты, в которой протекает бесконечный круговорот материи и энергии. Однако с появлением человека и его беспрецедентного по масштабу влияния на планету начинается новая геологическая эпоха, и биосфера переходит в новое состояние, трансформируясь в «сферу разума» – ноосферу. Как же происходит трансформация биосферы в ноосферу? Какую роль играют в этом глобальные системы коммуникации, развитие новых источников энергии, усиление международных культурных и политических связей, выход человека и биосферы за пределы Земли – в космос? Сам Вернадский всю жизнь стремился «понять окружающее», и его работы позволяют узнать больше о Земле, ее настоящем и будущем, неразрывно связанными с человечеством, его делами и мыслями. В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

УДК 57.02
ББК 28.08

ISBN 978-5-17-145376-3

© Вернадский В. И., 1931
© Издательство АСТ, 1931

Содержание

Биосфера	6
От автора	7
Очерк первый	9
Конец ознакомительного фрагмента.	38

Владимир Иванович Вернадский

Биосфера и ноосфера

© ООО «Издательство АСТ», 2022

* * *

Академик Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) был выдающимся деятелем русской науки, богатой на яркие имена и таланты. Круг интересов этого ученого-естествоиспытателя, мыслителя и общественного деятеля был весьма широк – он многого добился в минералогии и кристаллографии, геологии и почвоведении, биологии и палеонтологии, биогеохимии и истории науки. Однако достижением, обессмертившим его имя, стала уникальная теория биосферы и ноосферы, обобщающая сведения из многих наук и открывающая новые горизонты познания.

Биосфера

1

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. Pans: Alcan, 1929). Очерки публикуются с дополнениями автора, сделанными им для французского издания 1929 г. – *Ред.*

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*, свойственных в своих законностях не только одной нашей Земле, и о строении Земли как о согласованном в своих частях *механизме*, изучение частных которого 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 подлечит 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 гео-

логии вредным, тормозящим и ограничивающим научную работу обстоятельством. Не предпринимая существования *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 космических 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 видным, 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 измене-

ния 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 *четырех 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 такой 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, образовавшуюся 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 – распространности 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.

§ 7. Так резко меняется наше представление о составе нашей планеты и, в частности, о составе земной коры и ее наружной оболочки – биосферы. Мы начинаем видеть в ней не единичное планетное или земное явление, а проявление строения атомов и их положения в космосе, их изменения в космической истории.

Если даже мы не умеем объяснить эти явления, все же мы вышли на верный путь искания, пришли в новую, иную область явлений, чем та, с которой так долго пытались связать химию Земли. Мы знаем, где надо искать решения стоящей перед нами задачи и где искать ее безнадежно. Наше понимание наблюдаемого изменяется коренным образом.

В верхней поверхностной пленке нашей планеты, в биосфере, мы должны искать отражения не только случайных единичных, геологических явлений, но и проявления строения космоса, связанного со строением и историей химических атомов.

Биосфера не может быть понята в явлениях, на ней происходящих, если будет упущена эта ее резко выступающая связь со строением всего космического механизма. И эту связь мы можем установить в бесчисленных нам известных других фактах ее истории.

Биосфера как область превращений космической энергии

§ 8. По существу, биосфера может быть рассматриваема как область земной коры, занятая трансформаторами, переводящими космические излучения в действенную земную энергию – электрическую, химическую, механическую, тепловую и т. д.

Космические излучения, идущие от всех небесных тел, охватывают биосферу, проникают всю ее и все в ней.

Мы улавливаем и сознаем только ничтожную часть этих излучений, и среди них мы изучали почти исключительно излучения Солнца.

Но мы знаем, что существуют и падают на биосферу волны иных путей, идущие от отдельных частей космоса. Так, звезды и туманности непрерывно шлют на нашу планету световые излучения.

Все говорит за то, что открытые В. Гессом в верхних слоях атмосферы проникающие излучения возникают вне границ нашей Солнечной системы. Их возникновение ищут в Млечном Пути, в туманностях, в звездах типа Мира Цети (*Mira Ceti*). Может быть, из Млечного Пути (В. Нернст) происходят загадочные проникающие радиации, столь яркие в высоких слоях нашей атмосферы.

Их учет и их понимание – дело будущего. Но, несомненно, не они, а лучи Солнца обуславливают главные черты механизма биосферы. Изучение отражения на земных процессах солнечных излучений уже достаточно для получения первого, но точного и глубокого *представления о биосфере как о земном и космическом механизме*. Солнцем в корне переработан и изменен лик Земли, пронизана и охвачена биосфера. В значительной мере биосфера является проявлением его излучений; она составляет планетный механизм, превращающий их в новые разнообразные формы земной свободной энергии, которая в корне меняет историю и судьбу нашей планеты.

Для нас уже ясно огромное значение в биосфере коротких ультрафиолетовых волн солнечной радиации, длинных красных тепловых и промежуточных лучей видимого светового

спектра. В строении биосферы мы уже сейчас можем выделить ее части, играющие роль трансформаторов для этих трех различных систем солнечных колебаний.

Медленно и с трудом выявляется нашему уму механизм превращения солнечной энергии в биосфере в земные силы. Мы привыкли видеть другие черты в отвечающих ему явлениях; он скрыт для нас в бесконечном разнообразии красок, форм, движений природы – мы сами составляем его часть нашей жизнью. Века и тысячелетия прошли, пока человеческая мысль могла отметить черты единого связного механизма в кажущейся хаотической картине природы.

§ 9. Превращение трех систем солнечных излучений в земную энергию происходит отчасти в одних и тех же участках биосферы, но местами в ней выделяются области, в которых резко преобладают превращения одного какого-нибудь рода. Носители превращений – всегда природные тела, и они резко различны для ультрафиолетовых, световых и тепловых солнечных волн.

Короткие *ультрафиолетовые излучения* в известной части своей целиком, в других – в значительной мере задерживаются в верхних разреженных частях газовой земной оболочки – в стратосфере – и, может быть, в еще более высокой и более бедной атомами «свободной атмосфере».

Это «задерживание», «поглощение», связано с трансформацией лучевой энергии коротких волн. В этих областях под влиянием ультрафиолетовых излучений наблюдаются изменения электромагнитных полей, распадаются молекул, разнообразные явления ионизации, новообразования газовых молекул новых химических соединений. Лучистая энергия частью превращается в разные формы электрических и магнитных проявлений, частью – в связанные с ней молекулярные, атомные и своеобразные химические процессы разреженных газообразных состояний вещества.

Нашему взору эти области и эти тела являются в форме северных сияний, зарниц, зодиакального света, свечения небесного свода, который становится заметным лишь в темные ночи, но все же составляет значительную часть освещения ночного неба, в форме светящихся облаков и других разнообразных отражений стратосферы и внешних пределов планеты в картине нашего земного мира. Нашим инструментам этот таинственный мир явлений раскрывается в электрических, магнитных, радиоактивных химических, спектроскопических отражениях, в его непрерывном движении и в превышающем мысль разнообразии.

Эти явления не являются следствием изменения земной среды одними ультрафиолетовыми лучами Солнца. Мы должны считаться здесь со сложным процессом. Здесь «задерживаются», т. е. превращаются в новые явления, уже земные, все формы лучистой энергии Солнца за пределами тех 4,5 ее октав, которые попадают в биосферу (§ 2). За эти пределы едва ли заходят и те мощные потоки частиц – электронов, которые непрерывно исходят из Солнца, или те материальные части – космическая пыль и газовые тела, столь же непрерывно захватываемые земным притяжением и несущие Земле новые источники энергии.

Мало-помалу входит в общее сознание значение этих явлений в истории нашей планеты. Так, несомненной стала связь их с другой формой превращения космической энергии, с областью живого вещества. Короткие световые волны – 180–200 мμ [миллимикрон] – разрушают все живые организмы, более длинные и более короткие волны им не вредят. Задерживая нацело короткие волны, стратосфера охраняет от них нижние слои земной поверхности – область жизни.

Чрезвычайно характерно, что главное поглощение этих лучей связано с озоном (озоновый экран – § 115), образование которого обусловлено существованием свободного кислорода – продукта жизни.

§ 10. Если значение превращения ультрафиолетовых лучей только начинает сознаваться, роль *солнечной теплоты*, главным образом инфракрасных излучений, была понята давно. Она

обращает на себя главное внимание при изучении влияния Солнца на геологические и даже геохимические процессы. Ясна и бесспорна роль лучистой солнечной теплоты и для существования жизни. Несомненно и превращение тепловой лучистой энергии Солнца в энергию механическую, молекулярную (испарение и т. п.), химическую.

Проявления таких превращений наблюдаются нами на каждом шагу и не требуют разъяснений; мы видим их в жизни организмов, в движении и деятельности ветров или морских течений, в морской волне и морском прибое, в разрушении скал, деятельности ледников, в движении и образовании рек и в колоссальной работе снежных и дождевых осадков...

Обычно менее сознается собирающая и распределяющая тепло роль жидких и газовых частей биосферы – переработка ею этим путем лучистой тепловой энергии Солнца. Атмосфера, океан, озера и реки, дождевые и снеговые осадки являются тем аппаратом, который производит эту работу. Мировой океан благодаря совершенно особым, исключительным среди всех соединений тепловым свойствам воды может быть связанным с характером ее молекул, является регулятором тепла, огромная роль которого на каждом шагу сказывается в бесчисленных явлениях погоды и климата и в связанных с ними, процессах жизни и выветривания. Быстро нагреваясь вследствие своей большой теплоемкости, океан медленно отдает собранное тепло благодаря характеру своей теплопроводности. Он превращает поглощенную лучистую теплоту в молекулярную энергию при испарении, в химическую – через проникающее его живое вещество, в механическую – в своих морских течениях и прибое. Того же направления и, пожалуй, сравнимого масштаба термическая роль рек, осадков, воздушных масс и их нагреваний и охлаждений.

§ 11. Ультрафиолетовые и инфракрасные лучи Солнца влияют на химические процессы биосферы только косвенным путем. Не они являются главным источником ее энергии. Химическая энергия биосферы в ее действенной форме выявляется из лучистой энергии Солнца совокупностью живых организмов Земли – *ее живым веществом*. Создавая фотосинтезом – солнечным лучом – бесконечное число новых в биосфере химических соединений – многие миллионы различных комбинаций атомов, оно непрерывно, с уму непостижимой быстротой, покрывает ее мощной толщей молекулярных систем, чрезвычайно легко дающих новые соединения, богатые свободной энергией в термодинамическом поле биосферы, в нем неустойчивые и неуклонно переходящие в новые формы устойчивого равновесия.

Эта форма трансформаторов является совершенно особым механизмом по сравнению с телами Земли, в которых идет превращение в новые формы энергии коротких и длинных волн солнечной радиации. Мы объясняем превращение ультрафиолетовых лучей их воздействием на материю, на ее независимым от них путем полученные атомные системы; превращения же тепловых излучений связываем с созданными помимо их непосредственного влияния молекулярными строениями. Но фотосинтез, как он наблюдается в биосфере, связан с особыми чрезвычайно сложными механизмами, *создаваемыми им самим* при условии одновременного проявления и превращения в окружающей среде ультрафиолетовых и инфракрасных радиаций Солнца.

Создаваемые этим путем механизмы превращения энергии – живые организмы – представляют совершенно особого рода образования, резко отличные от всех атомных, ионных или молекулярных систем, которые строят материю земной коры вне биосферы и часть вещества биосферы.

Живые организмы составлены из структур того же рода, правда, более сложных, как и те, которые строят косную материю. Однако по производимым ими изменениям в химических процессах биосферы они не могут быть рассматриваемы как простые совокупности этих структур. Энергетический их характер, как он проявляется в их размножении, с геохимической точки зрения не сравним с инертными структурами, строящими и косную, и живую материю.

Механизм химического действия живого вещества нам неизвестен. По-видимому, однако, начинает выясняться, что с точки зрения энергетических явлений в живом веществе фотосинтез происходит не только в особой химической среде, но и в особом термодинамическом поле, отличном от термодинамического поля биосферы. После умирания организма соединения, устойчивые в термодинамическом поле живого вещества, попадая в термодинамическое поле биосферы, оказываются в нем неустойчивыми и являются в нем источником свободной энергии².

Эмпирическое обобщение и гипотеза

§ 12. По-видимому, такое понимание энергетических явлений жизни, поскольку оно выражается в геохимических процессах, правильно выражает наблюдаемые факты. Но утверждать это мы не можем, так как здесь мы встречаемся с своеобразным состоянием наших знаний в области биологических наук по сравнению с науками о косном веществе.

Мы уже видели, что и в последних оказалось необходимым оставить в стороне наши представления о биосфере и составе земной коры, в течение долгих поколений казавшиеся правильными, отбросить долго царившие объяснения чисто геологического характера (§ 6). То, что казалось логически и научно неизбежным, в конце концов, оказалось иллюзией, и явление предстает нам в таких формах, которые никем не ожидалось.

Положение в области изучения жизни еще более трудное, так как едва ли есть область естествознания, которая бы в самых основных своих понятиях была так проникнута чуждыми по своему генезису науке философскими и религиозными построениями. В наших представлениях о живом организме на каждом шагу чрезвычайно сказываются философские и религиозные искания и достижения. В течение веков на все суждения, даже точных натуралистов, в этой области накладывались эти часто чуждые науке по своей сущности, но не менее драгоценные и глубокие охваты космоса человеческим сознанием. И они привели к огромной трудности сохранить в этой области явлений одинаковый научный подход к их изучению.

§ 13. Отражением таких философских и религиозных идей, а не выводом из научных фактов являются и оба господствующих представления о жизни: виталистическое и механистическое.

Оба оказывают в изучении явлений жизни тормозящее влияние, запутывают эмпирические обобщения.

Первые вносят в явления жизни такие объяснения, которые стоят вне того мира моделей, в форме которых мы представляем в научных обобщениях космос. Вследствие такого характера этих представлений они в научной области лишены творческого значения, являются бесплодными. Не менее губительны представления механистического характера, видящие в живых организмах одну игру физико-химических сил. Они ограничивают область научного искания и заранее предрешают его результат; вносят в научную область угадку, затемняют научное понимание. Конечно, если бы угадка была удачна, научная обработка быстро сгладила бы все шероховатости. Но угадка оказалась слишком тесно связанной с абстрактными философскими построениями, чуждыми научно изучаемой реальности, приводящими к чрезвычайно упрощенным представлениям о жизни, уничтожающим сознание сложности явлений. До сих пор – в течение столетий – эта угадка ни на шаг не подвинула понимание жизни.

Правильным является поэтому стремление, все более и более преобладающее в научных исканиях, оставить в стороне оба типа объяснений жизни, подходить к изучению ее явлений

² Область явления внутри организма (термодинамическое поле живого вещества) отличается, с точки зрения термодинамической и химической, от термодинамического поля биосферы. – *Здесь и далее текст сносок принадлежит автору, если не указано иное.*

чисто эмпирически, считаться с невозможностью дать ей «объяснение», т. е. дать ей место в нашем абстрактном космосе, научно построенном из моделей – гипотез.

Сейчас к явлениям жизни можно подходить с залогом успеха только эмпирически, не считаясь с гипотезами. Только такой подход откроет в них новые черты, которые или расширят область физико-химических сил, нам до сих пор научно известных, или введут новый принцип или аксиому в науку, новое недоказуемое и целиком не выводимое из известных аксиом и принципов понятие, наряду с теми, которые строят наш научный мир материи и энергии. Тогда окажется возможным, внося гипотезы связать эти явления с нашими построениями космоса, подобно тому как открытие явлений радиоактивности связало с ним мир атомов.

§ 14. Живой организм биосферы сейчас эмпирически должен изучаться как особое, целиком не сводимое на известные физико-химические системы тело. Может ли он быть всецело на них сведен когда-нибудь, наука сейчас решить не может. Несомненно, это представляется возможным. Но в нашем эмпирическом изучении явлений природы мы не можем забывать и другой возможности, того, что сама эта задача многими ставившаяся в науке, может оказаться столь же иллюзорной, какой оказалась проблема квадратуры круга. В области биологии мы не раз подходили к аналогичным сомнениям.

Еще более чем в биологии, необходимо стоять на эмпирической почве – вне механистических и виталистических представлений – в науках геологических.

В одной из них, в геохимии, на каждом шагу приходится сталкиваться с явлениями жизни. Здесь организмы в виде своих совокупностей – живых веществ – являются одним из главных действующих факторов.

Живое вещество придает биосфере совершенно необычайный и для нас пока единственный в мироздании облик. Помимо нашей воли, мы не можем не различать в ней два типа вещества – косное и живое, влияющие друг на друга, но в некоторых основных чертах своей геологической истории разделенные непроходимой пропастью. Никогда не возникает никаких сомнений в принадлежности этих двух разных типов вещества биосферы к разным необъединимым категориям явлений.

Их основное различие, в чем бы оно ни заключалось, есть не только эмпирический факт, но одно из важнейших эмпирических обобщений естествознания.

Значение этого обобщения и вообще значение эмпирических обобщений в науке часто упускается из виду, и под влиянием рутины и философских построений эмпирические обобщения отождествляются с научными гипотезами.

Имея дело с явлениями жизни, особенно необходимо избегать такой укоренившейся вредной привычки.

§ 15. Между эмпирическими обобщениями и научными гипотезами существуют огромные различия, и точность их выводов далеко не одинакова.

В обоих случаях – и при эмпирических обобщениях, и при гипотезах – мы пользуемся дедукцией для вывода следствий, проверяемых путем изучения реальных явлений. В такой науке исторического характера, какой является геология, эта проверка производится научным наблюдением.

Но различие заключается в том, что эмпирическое обобщение опирается на факты, индуктивным путем собранные, *не выходя за их пределы и не заботясь о согласии или несогласии полученного вывода с другими существующими представлениями о природе*. В этом отношении эмпирическое обобщение не отличается от научно установленного факта: их совпадение с нашими научными представлениями о природе нас не интересует, их противоречие с ними составляет *научное открытие*.

В эмпирическом обобщении, хотя и выдвигаются на первое место некоторые определенные признаки явления, в общем всегда сказывается влияние и всех других, принятых во внимание при установке научного факта, – всего явления целиком.

Эмпирическое обобщение может очень долго, существовать, не поддаваясь никаким гипотетическим объяснениям, являться непонятным и все же оказывать огромное благотворное влияние на понимание явлений природы.

Но затем часто наступает момент, когда оно вдруг начинает освещаться новым светом, становится областью создания гипотез, начинает менять наши схемы мироздания и само меняться. Очень часто тогда оказывается, что в эмпирическом обобщении мы имели не то, что думали, или в действительности имели много больше, чем думали.

Типичным примером такой истории эмпирического обобщения может служить одно из величайших эмпирических обобщений – периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева, которая после открытия Д. Мозли, сделанного в 1915 г., стала широким полем для научных гипотез.

§ 16. Совершенно иначе строится гипотеза или теоретическое построение. При гипотезе принимается во внимание какой-нибудь один или несколько важных признаков явления и на основании только их строится представление о явлении, без внимания к другим его сторонам. Научная гипотеза всегда выходит за пределы фактов, послуживших основой для ее построения, и потому – для необходимой прочности – она неизбежно должна связываться по возможности со всеми господствующими теоретическими построениями о природе, им не противоречить.

§ 17. Таким образом, эмпирическое обобщение, раз оно точно выведено из фактов, не требует проверки.

Только такие эмпирические обобщения, основанные на всей совокупности известных фактов, а не гипотезы и теории положены мною в основу дальнейшего изложения. Это следующие положения:

1) Никогда в течение всех геологических периодов не было и нет никаких следов абиогенеза (т. е. непосредственного создания живого организма из мертвой, косной материи).

2) Никогда в течение всего геологического времени не наблюдались азойные (т. е. лишённые жизни) геологические эпохи.

3) Отсюда следует, что, во-первых, современное живое вещество генетически связано с живым веществом всех прошлых геологических эпох и что, во-вторых, в течение всего этого времени условия земной среды были доступны для его существования, т. е. непрерывно были близки к современным.

4) В течение всего этого геологического времени не было резкого изменения в какую-нибудь сторону в химическом влиянии живого вещества на окружающую его среду; все время на земной поверхности шли те же процессы выветривания, т. е. в общем наблюдался тот же средний химический состав живого вещества и земной коры, какой мы и ныне наблюдаем.

5) Из неизменности процессов выветривания вытекает и неизменность количества атомов, захваченных жизнью, т. е. не было больших изменений в количестве живого вещества³.

6) В чем бы явления жизни ни состояли, энергия, выделяемая организмами, есть в главной своей части, а может быть и целиком, лучистая энергия Солнца. Через посредство организмов она регулирует химические проявления земной коры.

§ 18. Из принятия в основу наших суждений этих эмпирических обобщений неизбежно вытекает положение, что ряд проблем, которые ставятся в науке, главным образом в философских ее обработках, исчезает из круга нашего рассмотрения, так как они не вытекают из эмпирических обобщений и не могут быть построены без гипотетических предположений. Так должны оставаться без рассмотрения вопросы о начале жизни на Земле, если оно было; все космогонические представления о прошлом безжизненном состоянии Земли, о существовании абиогенеза в гипотетические космические периоды земной истории.

³ Есть только признаки небольших колебаний около некоторого среднего.

Эти вопросы – начало жизни, абиогенез, существование в истории земной коры безжизненных периодов – так тесно связаны с господствующими научно-философскими построениями, глубоко проникнутыми космогоническими гипотезами, что кажутся многим логически неизбежными.

Однако изучение истории науки показывает, что эти вопросы вошли в науку извне, зародились вне ее – в религиозных или философских исканиях человечества. И это ясно может быть установлено при сравнении их с эмпирической, строящей науку областью точно установленных научных фактов.

Все нам известные, точно установленные факты ни в чем не изменятся, если даже все эти проблемы получат отрицательное решение, т. е. если бы мы признали, что жизнь всегда была и не имела начала, что живое – живой организм – никогда и нигде не происходил из косной материи и что в истории Земли не было вообще геологических эпох, лишенных жизни.

Придется только вместо господствующих космогонических гипотез построить новые, применить к некоторым из оставленных научной мыслью в стороне философских или религиозных построений иную, чем теперь, математическую или научную обработку, как это и было сделано для других философских и религиозных созданий при выработке современных научных космогоний.

Живое вещество в биосфере

§ 19. Биосфера – единственная область земной коры, занятая жизнью. Только в ней, в тонком наружном слое нашей планеты, сосредоточена жизнь; в ней находятся все организмы, всегда резкой, непроходимой гранью отделенные от окружающей их косной материи. Никогда живой организм в ней не зарождается. Он, умирая, живя и разрушаясь, отдает ей свои атомы и непрерывно берет их из нее, но охваченное жизнью живое вещество всегда имеет свое начало в живом же.

Жизнь захватывает значительную часть атомов, составляющих материю земной поверхности. Под ее влиянием эти атомы находятся в непрерывном, интенсивном движении. Из них все время создаются миллионы разнообразнейших соединений. И этот процесс длится без перерыва десятки миллионов лет, от древнейших археозойских эр до нашего времени, в основных чертах оставаясь неизменным.

На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом. И чем более мы изучаем химические явления биосферы, тем более мы убеждаемся, что на ней нет случаев, где бы они были независимы от жизни. И так длилось в течение всей геологической истории. Древнейшие архейские слои дают косвенные признаки существования жизни; древние альгонкские породы, может быть также и археозойские (И. Помпекки, 1927), сохранили прямые отпечатки и явные следы организмов. Правы ученые (как Шухерт, 1924), выделяющие наряду с богатыми жизнью палеозоем, мезозоем, кайнозоем еще и археозой. К нему принадлежат самые древние, нам доступные и нам известные, части земной коры. Эти слои оказываются свидетелями древнейшей жизни, которая, несомненно, длится не менее $2 \cdot 10^9$ лет. За это время энергия Солнца не могла заметно меняться, и это вполне совпадает с астрономическими возможностями (Шаплей, 1925).

§ 20. И даже больше – становится ясным, что прекращение жизни было бы неизбежно связано с прекращением химических изменений если не всей земной коры, то, во всяком случае, ее поверхности – лика Земли, биосферы. Все минералы верхних частей земной коры – свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси железа и алюминия (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других – непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни. Если бы жизнь прекратилась, их элементы быстро

приняли бы новые химические группировки, отвечающие новым условиям, старые нам известные тела безвозвратно исчезли бы. С исчезновением жизни не оказалось бы на земной поверхности силы, которая могла бы давать непрерывно начало новым химическим соединениям.

На ней неизбежно установилось бы химическое равновесие, химическое спокойствие, которое временами и местами нарушалось бы привносом веществ из земных глубин: газовыми струями, термами или вулканическими извержениями. Но вновь вносимые этим путем вещества более или менее быстро приняли бы устойчивые формы молекулярных систем, свойственные условиям безжизненной земной коры, и дальше не изменялись бы.

Хотя число точек, откуда проникает вещество глубоких частей земной коры, исчисляется тысячами, рассеянные по всей поверхности планеты, они теряются в ее огромности; повторяясь временами, как, например, вулканические извержения, они незаметны в безмерности земного времени.

С исчезновением жизни на земной поверхности шли бы лишь медленные, от нас скрытые изменения, связанные с земной тектоникой. Они проявлялись бы не в наши годы и столетия, а в годы и столетия геологического времени. Только тогда в космическом цикле они стали бы заметны, подобно тому, как только в нем выступают радиоактивные изменения атомных систем.

Постоянно действующие силы биосферы – нагревание Солнца и химическая деятельность воды – мало изменили бы картину явления, ибо с прекращением жизни скоро исчез бы свободный кислород и уменьшилось бы до чрезвычайности количество углекислоты, исчезли бы главные деятели процессов выветривания, постоянно захватываемые косной материей и постоянно восстанавливаемые в том же неизменном количестве процессами жизни. Вода в термодинамических условиях биосферы является могучим химическим деятелем, но эта вода «природная», так называемая *вадозная* (§ 89), богатая химически активными центрами жизни – организмами, главным образом невидимыми глазу, измененная растворенными в ней кислородом и углекислотой. Вода, лишенная жизни, кислорода, углекислоты, при температуре и давлении земной поверхности в инертной газовой среде явится телом химически малодеятельным, безразличным.

Лик Земли стал бы также неизменен и химически инертен, как является неподвижным лик Луны, как инертны осколки небесных светил, захватываемые притяжением Земли, богатые металлами метеориты и проникающая небесные пространства космическая пыль.

§ 21. Так жизнь является великим, постоянным и непрерывным нарушителем химической косности поверхности нашей планеты. Ею в действительности определяется не только картина окружающей нас природы создаваемая красками, формами, сообществами растительных и животных организмов, трудом и творчеством культурного человечества, но ее влияние идет глубже, проникает более грандиозные химические процессы земной коры.

Нет ни одного крупного химического равновесия, в *земной коре*, в котором не проявилось бы основным образом влияние жизни, накладывающей неизгладимую печать на всю химию земной коры. *Жизнь не является, таким образом, внешним случайным явлением на земной поверхности.* Она теснейшим образом связана со строением земной коры, входит в ее механизм и в этом механизме исполняет величайшей важности функции, без которых он не мог бы существовать.

§ 22. Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе как о едином целом в механизме биосферы, хотя только часть его – зеленая, содержащая хлорофилл растительность – непосредственно использует световой солнечный луч, создает через него фотосинтезом химические соединения, неустойчивые в термодинамическом поле биосферы при умирании организма или при выходе из него.

С этой зеленой частью непосредственно и неразрывно связан весь остальной живой мир. Дальнейшую переработку созданных ею химических соединений представляет все вещество

животных и бесхлорофилльных растений. Может быть, только автотрофные бактерии не являются придатком зеленой растительности, но и они генетически так или иначе с ней в своем прошлом связаны (§ 100).

Можно рассматривать всю эту часть живой природы как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию Земли. Животные и грибы скопляют такие формы богатых азотом тел, которые являются еще более могучими агентами изменения, центрами свободной химической энергии, когда они – при смерти и разрушении организмов или при выходе из них – выходят из термодинамического поля, где они устойчивы, и попадают в биосферу, в иное термодинамическое поле, где распадаются с выделением энергии.

Можно, следовательно, брать *все живое вещество* в целом, т. е. совокупность всех живых организмов без исключения (§ 160), как единую, особую область накопления свободной химической энергии в биосфере, превращения в нее световых излучений Солнца.

§ 23. Изучение морфологии и экологии зеленых организмов давно показало, что весь зеленый организм и в своих сообществах, и в своем движении приспособлен прежде всего к исполнению своей космической функции – улавливанию и превращению солнечного луча. Как давно заметил один из крупных натуралистов, глубоко вдумавшийся в эти явления австрийский ботаник И. Визнер, свет влияет на форму зеленых растений много больше, чем теплота: он «как будто лепит их формы, как из пластического материала».

Одно и то же огромной важности эмпирическое обобщение изложено здесь с разных, противоположных точек зрения, сделать выбор между которыми мы сейчас не в состоянии. С одной стороны, ищут причину явления внутри, в автономном живом организме, который *приспособляется* к тому, чтобы улавливать всю световую энергию солнечного луча, с другой стороны, ищут причину вне организма, в солнечном луче, обрабатывающем как инертную массу зеленый организм, который он освещает.

Очень возможно, что правильное искать причину явления в обоих объектах, но это дело будущего. Сейчас мы должны считаться с самим эмпирическим наблюдением, которое дает, мне кажется, много более, чем это выражено в приведенных представлениях.

Эмпирическое наблюдение указывает нам, что в биосфере видна *неразрывная связь* между освещающим ее световым солнечным излучением и находящимся в ней зеленым живым миром организованных существ.

Всегда существуют в биосфере такие условия, которые обеспечивают световому лучу на его пути встречу с зеленым растением – этим трансформатором носимой им энергии.

Можно утверждать, что такое превращение энергии *нормально* будет происходить с каждым солнечным лучом, и можно рассматривать это превращение энергии как *свойство* живого вещества, как *его функцию* в биосфере.

В тех случаях, когда такой трансформации не происходит и зеленое растение не может исполнять присущей ему в механизме земной коры функции, надо искать объяснения ненормальности явления.

Основным выводом *наблюдения* является чрезвычайная автоматичность процесса: нарушение его восстанавливается без всякого участия других объектов, кроме светового солнечного луча и определенным образом построенного и определенным образом живущего зеленого растения. Это восстановление равновесия не произойдет только в том случае, если силы, этому препятствующие, достаточно велики. Восстановление равновесия связано с временем.

§ 24. Наблюдение окружающей природы на каждом шагу дает нам указания на существование в биосфере этого механизма. Размышление легко приводит к сознанию его величия и значения.

В общем вся суша покрыта зеленой растительностью. Обнаженные от зеленой жизни места составляют исключения и теряются в общей картине. В лике Земли, при взгляде из космических пространств, суша должна представляться *зеленой*.

Так же как непрерывно падает на лик Земли ток солнечного света, так же непрерывно растекается по всей поверхности Земли – суши и моря – зеленый аппарат его улавливания и превращения.

Живое вещество – совокупность организмов – подобно массе газа, растекается по земной поверхности и оказывает определенное давление в окружающей среде, обходит препятствия, мешающие его передвижению, или ими овладевает, их покрывает.

С течением времени оно неизбежно покрывает весь земной шар своим покровом и только временно может отсутствовать на нем, когда его движение, его охват разрушен и сдерживается внешней силой. Эта неизбежность его всюдности связана с непрерывным освещением лика Земли солнечным излучением, созданием которого является зеленый окружающий нас живой мир.

Это движение достигается путем *размножения организмов*, т. е. автоматического увеличения количества их неделимых. Оно, в общем, никогда не прерываясь, идет с определенным темпом во времени, как с определенным темпом падает на лик Земли солнечный луч.

Несмотря на чрезвычайную изменчивость жизни, несомненно, что в комплексах организмов – в живом веществе, да и в отдельных организмах – размножение, рост, т. е. работа превращения ими энергии солнечной в земную, химическую, – все подчиняется неизменным математическим законам. Все учитывается и все приспособляется с той же точностью, с той же механичностью и с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил и начинаем видеть в системах атомов вещества и атомов энергии.

Размножение организмов и геохимическая энергия живого вещества

§ 25. Растекание *размножением* в биосфере зеленого живого вещества является одним из характернейших и важнейших проявлений механизма земной коры. Оно обще всем живым веществам, лишенным хлорофилла или им обладающим, оно – характернейшее и важнейшее выявление в биосфере всей жизни, коренное отличие живого от мертвого, форма охвата энергией жизни всего пространства биосферы. Оно выражается нам в окружающей природе во *всюдности* жизни, в захвате ею, если этому не препятствуют непреодолимые препятствия, всякого свободного пространства биосферы. Область жизни – вся поверхность планеты. Если какая-нибудь часть ее оказалась безжизненной, в короткий или медленный срок она неизбежно будет захвачена живыми организмами. Мера геологического времени в истории планеты – небольшой промежуток, и мы видим, как в это время вырабатываются организмы, приспособленные к жизни в условиях, которые раньше делали ее невозможной. Область жизни, по-видимому, расширяется в геологическом времени (§ 119, 122), и, во всяком случае, несомненно, что она всегда охватывает или стремится охватить до конца все доступное ей пространство – на протяжении, вероятно, всей геологической истории. Ясно, что это стремление является отличительной чертой живого вещества, а не проявлением чуждой ему силы, как, например, при растекании песчаной кучи или ледника под влиянием силы тяготения.

Растекание жизни – движение, выражающееся во всюдности жизни – есть проявление ее внутренней *энергии*, производимой ею химической работы. Оно подобно растеканию газа, которое не есть следствие тяготения, но есть проявление отдельных движений частиц, совокупность которых представляет газ. Так и растекание по поверхности планеты живого вещества есть проявление его энергии, неизбежного движения, занятия нового места в биосфере новыми, созданными размножением организмами. Оно есть проявление прежде всего автономной энергии жизни в биосфере. Эта энергия проявляется в работе, производимой жизнью,

в переносе химических элементов и в создании из них новых тел. Я буду называть ее геохимической энергией жизни в биосфере.

§ 26. Это движение живых организмов путем размножения, совершающееся с удивительной и неизменной математической правильностью, идет в биосфере непрерывно и является характернейшей и важнейшей по своим эффектам чертой ее механизма. Оно идет на земной поверхности – на суше, оно проникает все водоемы, в том числе гидросферу, оно видно на каждом шагу в тропосфере; в форме паразитов оно охватывает все другие живые существа, имеет место внутри самих живых веществ.

Неуклонно и неизменно оно длится без перерыва и без замедления мириады лет, все время совершая огромную геохимическую работу, являясь формой проникновения энергии солнечного луча в нашу планету и ее распределения по земной поверхности.

Мы должны видеть в нем не только перенос материальных тел, но и передачу энергии. В связи с этим и перенос материальных тел размножением есть процесс особенный.

Это не есть простое механическое передвижение тел по земной поверхности, независимых, не связанных с той средой, в которой они двигаются. Среда, в которой они движутся, не только обуславливает своим сопротивлением трение, как это имеет место в движении тел под влиянием тяготения. В этом движении связь со средой глубже – оно может идти только под влиянием газового обмена движущихся тел и той среды, в которой происходит движение. Оно тем быстрее, чем газовый обмен сильнее, оно замирает, когда газовый обмен не может иметь места. Газовый обмен – это *дыхание* организмов; оно, как мы увидим, глубоко меняет, направляет размножение. В движении размножения мы видим проявление его геохимического значения, выражение его как части механизма биосферы, подобно тому как само это движение является отражением солнечного луча. Проявлением энергии того же луча является и само дыхание – газовый обмен жизни с окружающей средой.

§ 27. Хотя это движение идет кругом нас непрерывно, мы его не замечаем, так как мы нашим взором охватываем только общий его результат – ту красоту, разнообразие форм и красок, движений и соотношений, которые нам дает живая природа. Мы видим лишь поля и леса с их растительной и животной жизнью, полные жизни водоемы и моря, пронизанную ею только кажущуюся мертвой почву. Мы видим статический результат, динамическое равновесие этих движений; редко когда можем наблюдать их как таковые.

Остановимся на нескольких примерах, в которых вскроется это созидующее живую природу, нам не видное, но для живой природы основное своеобразное движение.

Временами на небольших относительно пространствах мы видим прекращение жизни высшей растительности. Лесной пожар, степные палы, взрыхленные, распаханые, запущенные поля, вновь образовавшиеся острова, застывшие потоки лавы, покрытые вулканическим пеплом пространства суши, освободившиеся от ледников или водных бассейнов ее пространства, новые почвы, образованные на безжизненных скалах лишайниками и мхами, – эти и другие формы бесконечных проявлений жизни на нашей планете на некоторое время образуют лишенные трав и деревьев пятна на зеленом покрове суши. Они образуют их на короткое время. Жизнь быстро входит в свои права. И зеленые травы, а затем и древесная растительность занимают утерянные или новые места. Отчасти они занимают их проникновением извне, приносом семян подвижными организмами или еще больше – ветром, отчасти возникают от всюду в почве находящихся их запасов, лежащих в ней в латентном состоянии и сохраняющихся в этой форме иногда, по крайней мере, столетия.

Но это проникновение семян извне есть необходимое *условие* заселения, но не оно его производит. Заселение осуществляется благодаря размножению организмов, зависит от специфичной для их размножения геохимической энергии; оно идет годами, пока не будет восстановлено нарушенное равновесие.

Как мы увидим, это находится в полном соответствии со скоростью передачи в биосфере жизни, передачи геохимической энергии этих живых веществ – высших зеленых растений. В этом случае, следя внимательно за заселением пустых пространств, человек может видеть движение растекания жизни, о котором я говорю, реально ощущать ее давление; вдумываясь в него, он может созерцать движение на нашей планете солнечной энергии, превращенной в земную – химическую.

Он его ощущает и в тех случаях, когда ему приходится защищать от чуждого заселения нужные ему поля или пустые пространства, тратить на преодоление давления жизни свою энергию.

Он видит его и тогда, когда всматривается в окружающую его природу, в глухую, молчаливую, беспощадную борьбу за существование, которую ведут кругом него зеленые растения. Он видит и ощущает действительно, как надвигается лес на степь или как лишайниковая тундра в своем *движении* его глушит.

§ 28. Членистоногие насекомые, клещи, пауки составляют главную массу живого животного вещества суши. В тропических и подтропических странах среди них преобладающую роль играют *Orthopera*, муравьи, термиты. Размножение их идет своеобразным путем. Хотя геохимическая энергия, ему отвечающая (§ 37), и того же порядка, как для высших зеленых растений, она все же несколько меньше.

В государствах термитов дает потомство, производит непосредственно размножение, один организм из десятков тысяч, иногда сотен тысяч бесполок неделимых. Это царица-мать. Она кладет яички непрерывно весь свой век – иногда десять и больше лет. Количество яичек, новых особей, которое она может дать, исчисляется биллионами. В год она дает сотни тысяч. Указываются случаи, когда она дает 60 яичек в минуту, т. е. 86 400 штук в сутки, так же правильно, как в часовых механизмах отбиваются секунды, суточное количество которых равно тем же 86 400.

Размножение идет *роями*. Часть потомства с новой царицей-маткой улетает и захватывает новое пространство вне ареала, необходимого для жизни первого, исходного государства. Всюду действует с математической точностью инстинкт: и в сохранении яичек, немедленно уносимых термитами-рабочими, и в отлете роев, и в замене – в случае неожиданных случайностей – старой матки новой. Всюду действует с той же точностью и число. Все подвержено мере, числовой закономерности: число яичек, число годовых роев, в них неделимых, число населения государств, размеры и вес организмов, темп размножения и вызванного им переноса геохимической энергии термитов по земной поверхности.

Мы можем точно выразить числом напряжение движения термитов по земной поверхности благодаря их размножению, зная годовое количество роев, число в них особей, их размеры, количество яичек, отлагаемых в год царицей; мы можем обнять числом отвечающее этому движению его отражение в окружающей среде, его давление.

Давление это очень велико. Человек, живущий в области их обитания, знает это по той работе, которую он должен производить, чтобы защищать от них продукты своего существования, своего питания.

Если бы не было препятствий во внешней среде, главным образом в окружающей термитов жизни, в немногие годы они могли бы захватить и покрыть своими государствами всю поверхность биосферы – $5,10065 \cdot 10^8$ км².

§ 29. Среди организмов бактерии занимают особое место. Это организованные тела мельчайших известных размеров: линейные размеры их измеряются 10^{-4} см и даже 10^{-5} см. В то же самое время это организмы с наибольшей силой размножения. Они размножаются дроблением. Каждая клетка многократно удваивается в сутки. Наиболее быстро размножающаяся бактерия производит эту работу 63–64 раза в сутки, в среднем каждые 22–23 минуты, с такой

же правильно, как откладывает яички самка термитов или обращается около Солнца планета, на которой эта бактерия живет.

Бактерии живут в жидкой или полужидкой среде. Главные их массы наблюдаются в гидросфере; значительные количества сосредоточены в почве, проникают в другие организмы.

Если бы не было препятствий во внешней среде, они могли бы создать с непостижимой для нас быстротой невероятные количества сложнейших химических соединений, являющихся вместилищем огромной химической энергии.

Этой огромной энергии отвечает огромная быстрота их размножения. Таким путем в течение полутора и менее суток бактерии могли бы покрыть тонким однослойным покровом поверхность земного шара, которую в результате размножения зеленые травы или насекомые могли бы преодолеть в течение ряда лет, в отдельных случаях сотен дней.

В морской среде находятся бактерии почти шаровой формы, объем которых, по М. Фишеру, достигает $1 \mu\text{m}^3$ [микрометр], т. е. 10^{-12} см^3 . В 1 см^3 может заключаться 10^{12} неделимых, и при быстроте их размножения – в сутки около 63 делений каждой клетки – кубический сантиметр может быть ими заполнен в течение нескольких – 11–13 – часов, если в него попадет одна такая бактерия. В действительности бактерии живут не изолированно, а образуют колонии и при благоприятных условиях они заполняют 1 см^3 еще быстрее.

Процесс деления неизбежно происходит таким темпом, если бактерия живет в условиях жизни, этому благоприятных, прежде всего, если температура среды это позволяет. Если температура падает, быстрота чередования поколений уменьшается, и это изменение может быть выражено в точной числовой формуле. Все время бактерия дышит, т. е. находится в тесной связи с растворенными в воде газами. Ясно, что количество бактерий путем размножения никогда не может достигнуть в 1 см^3 той величины, которая определяет в нем количество газовых молекул, т. е. $2,706 \cdot 10^{19}$ (число Лошмидта). Газовых молекул в 1 см^3 , заполненном водой, будет во много раз меньше. Мы видим здесь предел размножению, ставящийся явлениями дыхания, свойствами газообразного состояния материи.

§ 30. Пример бактерий позволяет выразить движение, наблюдаемое в биосфере благодаря размножению, в другой форме, чем мы это делали до сих пор.

Представим себе период в истории Земли, который гипотетически неправильно, как увидим, допускают геологи, время, когда океан покрывал не три четверти земной поверхности, а всю планету. Э. Зюсс относил это «вселенское море» (по-гречески «Панталасса») в археозойскую эру. Бактерии в это время, несомненно, его населяли. Их следы известны в слоях древнейшего палеозоя. Характер минералов археозойских слоев и, особенно характер их ассоциаций с не меньшей несомненностью доказывают нахождение бактерий во всем археозое – в самых древнейших, доступных геологическому изучению пластах нашей планеты. Если бы в этом «вселенском море» температура была благоприятна для их жизни и если бы в нем не было препятствий их размножению, шаровая бактерия, в 10^{-12} см^3 объемом, в 1,47 суток – меньше чем в полутора суток – образовала бы в этом море сплошную пленку в $5,10065 \cdot 10^8 \text{ км}^2$.

Пленки бактерий, образующиеся благодаря их размножению, занимают хотя и меньше, но все же весьма значительные площади в биосфере.

В 90-х годах прошлого столетия проф. М. А. Егунов указывал на существование тонкой пленки серных бактерий на всей площади Черного моря. Эта пленка равнялась бы в таком случае поверхности Черного моря, т. е. $411\,540 \text{ км}^2$, и лежала бы на границе кислородной поверхности, т. е. на глубине 200 м. Однако исследования проф. Б. Л. Исаченко, участника экспедиции Н. М. Книповича (1926), не подтверждают этих данных. Это же явление в менее грандиозных размерах, но отчетливо выражено в динамических равновесиях живых организмов, например, на границе между пресной и соленой водой и Мертвом озере Кильдинских

островов, которое на всей своей поверхности всегда покрыто сплошной пленкой пурпурных бактерий (К. Дерюгин, 1926).

Другие микроскопические, но все же более крупные организмы постоянно дают примеры подобных явлений. От времени до времени пленка, образованная этими организмами океанического планктона, покрывает пространство в тысячи квадратных километров. Подобные пленки образуются довольно быстро.

Во всех этих случаях можно изобразить геохимическую энергию этих процессов таким же образом, а именно в виде *передвижения* этой энергии на земной поверхности, причем скорость растения пропорциональна скорости размножения вида, в нашем случае бактерии Фишера.

При своем максимальном развитии, когда данный вид заселит всю земную поверхность ($5,10065 \cdot 10^8 \text{ км}^2$), эта энергия за определенное время, разное для каждого вида, пройдет также максимальное расстояние, равное земному экватору, т. е. 40 075 721 м.

Бактерия Фишера, размером в $10\text{--}12 \text{ см}^3$, при образовании пленки во «вселенском море» Э. Зюсса развила бы энергию, скорость продвижения которой по земному диаметру была бы равна около 33 100 см/с.

Это явление может быть выражено в иной форме. Скорость V , равная 33 100 см/с, может быть рассматриваема как скорость передачи жизни, геохимической энергии, вокруг земного шара; она равна средней скорости вращения вокруг него бактерии путем размножения. В 1,47 суток бактерия размножением обтекает земной шар, совершает вокруг него во «вселенском море» полный оборот...

Скорость передачи жизни, по наибольшему расстоянию, ей доступному, величина V , будет той характерной для каждого однородного живого вещества постоянной, которой мы будем пользоваться для выражения геохимической энергии жизни.

§ 31. В основе этой величины, всегда отличной для всякого вида или расы, сказываются, с одной стороны, характер механизма размножения, а с другой стороны, те пределы возможному размножению, которые кладутся размерами и свойствами планеты.

Скорость передачи жизни не есть простое выражение свойств автономных организмов или их совокупностей – живых веществ; она выражает их размножение в соответствии с биосферой как планетное явление. В ее выражение неизбежно входят элементы планеты – величины ее поверхности и ее экватора. Мы имеем здесь аналогию с некоторыми другими свойствами организма, например с его *весом*. Вес организма на Земле и того же организма на другой планете будет иной, хотя организм может при этом не измениться. Точно так же и скорость передачи его жизни, например, на Земле или Юпитере, площадь и экватор которого иные, чем Земли, будет иная, хотя бы сам организм оставался при этом неизменным.

Этот специфически земной характер скорости передачи жизни вызывается тем *ограничением*, которое свойства и характер Земли как планеты, биосферы как космического явления вносят в проявление заложенного в организмах как в автономных созданиях механизма размножения.

§ 32. Область явлений размножения мало обращала на себя внимание биологов. Но в ней – отчасти незаметно для самих натуралистов – установилось несколько эмпирических обобщений, которые отчасти кажутся нам сами по себе понятными, так мы с ними свыклись.

Среди этих обобщений необходимо отметить следующие:

1) *Размножение всех организмов выражается геометрическими прогрессиями.* Можно выразить это в единообразной формуле:

$$2^{n\Delta} = N_n$$

где n – число дней с начала размножения;

Δ – показатель прогрессии, который для одноклеточных организмов, размножающихся делением, соответствует числу поколений в сутки;

N_n – число неделимых, существующих благодаря размножению через n дней.

Характерным для каждого живого вещества является Δ . В этой формуле никаких пределов, никаких ограничений ни для n , ни для Δ , ни для N не заключается.

Процесс мыслится бесконечным, как бесконечной является прогрессия.

2) Эта бесконечность возможности проявления размножения организма сказывается в *подчинении* этого проявления в биосфере, т. е. *растекания живого вещества, правилу инерции*. Может считаться эмпирически установленным, что процесс размножения задерживается в своем проявлении только внешними силами; он замирает при низкой температуре, прекращается или ослабляется при недостатке пищи или дыхания, при отсутствии места для обитания вновь создаваемых организмов. Уже в 1858 г. Ч. Дарвин и А. Уоллес высказали эту мысль в форме, которая была давно ясна натуралистам, вдумывавшимся в эти явления, например К. Линнею, Ж. Бюффону, А. Гумбольдту, К. Эренбергу, К. М. Бэру: если не будет внешних препятствий, всякий организм в разное, определенное для него время может размножением покрыть весь земной шар, произвести по объему потомство, равное массе океана или земной коры.

3) Темп размножения, сказывающийся в таком эффекте, отличен для каждого организма и находится в тесной зависимости от размеров организма. *Мелкие организмы*, т. е. организмы в то же время и более легкие, *размножаются гораздо быстрее, чем большие организмы*, т. е. организмы в то же время большего веса.

§ 33. В этих трех эмпирических положениях явления размножения организмов выражены вне времени и пространства или, вернее, в геометрических и механических бесформенных однородных времени и пространстве.

В действительности жизнь в той форме, в какой мы ее изучаем, есть чисто земное – планетное – явление, не отделимое от биосферы, созданное и приспособившееся к ее условиям.

Перенесенная в отвлеченное время и отвлеченное пространство математики жизнь является фикцией, созданием нашего разума, отличным от реального явления.

Если мы хотим иметь точные, научные представления в наши положения о ее свойствах, мы должны внести поправки в отвлеченные понятия времени и пространства; эти поправки могут в корне, как мы видим в данном случае, изменить наши выводы, в которых свойства земных времени и пространства не были предусмотрены.

§ 34. На Земле организмы живут в *ограниченном пространстве*, одинаковом по размерам для всех них. Они живут в пространстве определенного строения в газообразной или проникнутой газами жидкой среде. И хотя время нам представляется безграничным, но время какого-нибудь процесса в ограниченном пространстве, каким является размножение организмов, не может являться безграничным. Оно тоже будет иметь предел, различный для каждого организма в зависимости от характера его процесса размножения.

Неизбежным следствием этого положения является ограничение всех величин, определяющих явления размножения организмов в биосфере. Должны существовать наибольшие числа неделимых, которые могут дать разные живые вещества. Эти числа – N_{\max} – должны быть конечны и характерны для каждого вида и расы. Скорости передачи жизни должны заключаться в точных и определенных пределах, которые не могут быть никогда превзойдены. Наконец, величины Δ геометрических прогрессий размножения тоже имеют определенные пределы.

Эти пределы устанавливаются двумя проявлениями планеты: 1) ее размерами и 2) физическим заполнением пространства, в котором течет жизнь, жидкостями и газами – прежде всего свойствами газов и характером газового обмена.

§ 35. Остановимся на ограничении, вносимом размерами планеты. Влияние этих размеров мы видим на каждом шагу. Небольшие водоемы очень часто покрыты сплошь на своей поверхности плавающей на них зеленой растительностью. В наших широтах это очень часто зеленые ряски – разные виды *Lemna*. Поверхность воды представляет сплошной зеленый их покров без промежутков. Растеньица тесно сдвинуты, их зеленые пластинки заходят друг на друга; процесс размножения действует, но он замедлен внешним препятствием – прежде всего отсутствием места. Он проявляется только тогда, когда в зеленом покрове вследствие внешних разнообразных причин – гибели рясок или их уноса – образуются пустые промежутки водной поверхности. Они немедленно замещаются размножением. Очевидно, количество неделимых ряски, могущих поместиться на данной площади, определено и находится в зависимости от размеров и условий их существования. Когда оно достигнуто, процесс размножения останавливается, задерживается внешним неодолимым препятствием. В каждом пруду создается своеобразное динамическое равновесие, аналогичное тому, какое в нем наблюдается при испарении воды с его поверхности. Упругость паров и упругость жизни механически аналогичны.

Другой всем известный пример представляет в картине природы жизнь зеленой водоросли – разных видов *Protococcus*, обладающей гораздо большей геохимической энергией, чем ряска. Она покрывает в благоприятных условиях сплошь без промежутков (§ 50) стволы деревьев. Дальше ей идти некуда; ее процесс размножения задержан; он возобновляется вновь, как только открывается возможность помещения новых неделимых *Protococcus*. Количество неделимых этой водоросли, могущих поместиться на площади дерева, строго определено и не может быть превзойдено.

§ 36. Эти соображения могут быть целиком перенесены на всю живую природу и на область, доступную ее обитанию, – на поверхность нашей планеты. Наибольшее могущее существовать проявление силы размножения живого вещества определено размерами планеты и выражается в количестве неделимых, которые могут разместиться на площади, равной $5,10065 \cdot 10^8 \text{ км}^2$. Это количество есть функция густоты скопления организмов, возможной для их жизни.

Эта густота очень различна; для ряски или одноклеточной водоросли протококка она определяется только их размерами; другие организмы требуют гораздо большей площади (или объема) для жизни. Слон в Индии требует до 30 км^2 , овца на горных пастбищах Шотландии – около 10^5 м^2 , средний улей пчел – не менее $10\text{--}15 \text{ км}^2$ (одна пчела – не менее $2 \cdot 10^{-4} \text{ км}^2$, т. е. 200 м^2) среднего красного леса Украины, от 3000 до 15 000 неделимых планктона хорошо развиваются в 1000 см^3 морской воды, $25\text{--}30 \text{ см}^2$ достаточны для обычных злаков, несколько (иногда десятков) квадратных метров – для неделимых обычного нашего леса.

Очевидно, скорость передачи жизни зависит от возможной густоты хорошо живущей, не страдающей в своих проявлениях совокупности неделимых, от плотности живого вещества.

Не буду здесь останавливаться на очень еще мало изученной этой важной константе жизни в биосфере. Ясно, что наибольшая плотность сплошного покрова (типа ряски или протококка) или сплошного заполнения 1 см^3 мельчайшей бактерией (§ 29) даст нам, если принять ее возможной для всех организмов, наибольшее допустимое для данного вида количество его неделимых в биосфере. Для получения этого числа необходимо принять плотность равной квадрату максимального изменения организма, т. е. его длины и ширины (коэффициент k_1)⁴.

§ 37. Ограничение размножения размерами планеты, неизбежная остановка процесса уже этим путем, помимо более глубокого влияния, оказываемого, как увидим, зеленой средой (§ 123), придает этому процессу очень своеобразные и важные черты.

⁴ См. мои статьи в Известиях Акад. Наук (Л. 1926, 272; 1927, 421; Rev. gen. sci. Paris. 1926, 661, 700).

Прежде всего, очевидно, *есть предельное, одинаковое для всех организмов, наибольшее расстояние, по какому может распространяться передача жизни*. Оно равно земному экватору, т. е. 40 075 721 м.

Во-вторых, для всякого вида или расы есть максимальное количество неделимых, которое не может быть никогда превзойдено. Это максимальное число получается при полном заполнении данным видом земной поверхности при максимальной возможной густоте его обитания. Это число, которое я буду дальше обозначать N и называть *стационарным числом однородного живого вещества*, имеет большое значение для оценки геохимического влияния жизни. Оно отвечает максимально возможному проявлению энергии данного однородного живого вещества в биосфере, максимальной его геохимической работе; скорость его достижения, разная для каждого организма, выражается скоростью V — передачи жизни.

Эта скорость — V — связана со стационарным числом следующей формулой:

$$V = \frac{136963,3^* \cdot \Delta}{\lg N_{\max}}$$

Очевидно, если скорость передачи жизни остается постоянной, Δ , характеризующая силу размножения (§ 32), должна уменьшаться, размножение организмов должно в данном объеме или на данной площади идти все медленнее и медленнее по мере того, как число созданных неделимых увеличивается, приближается к стационарному.

§ 38. Мы видим это явление в окружающей нас природе. Оно давно было замечено старыми натуралистами и ярко подчеркнуто около сорока лет назад точным наблюдателем живой природы К. Земпером (1888). Земпер отметил, что в небольших водоемах при всех равных условиях размножение организмов уменьшается по мере увеличения в них количества неделимых. Стационарное число не достигается или достижение его замедляется по мере приближения к нему количества создаваемых организмов; существует какая-то причина, может быть не всегда внешняя (§ 43), регулирующая процесс. Опыты Пирля и его сотрудников над мухой *Drosophila* и над курами (1911–1912) подтверждают это обобщение Земпера в другой среде.

§ 39. Скорость передачи жизни может давать нам ясное понятие о геохимической энергии жизни разных организмов. Она колеблется в больших пределах и находится в тесной зависимости от размера организма. Для самых мелких организмов, для бактерий, она, как мы видели, близка к скорости звука, т. е. к величине, равной $33 \cdot 100$ см/с. Для самых крупных, для крупных млекопитающих, она равна долям сантиметра — для индийского слона, например, $V = 0,09$ см/с.

Это крайние пределы. Между ними помешаются скорости передачи жизни для всех других организмов. Они находятся в явной зависимости от размеров организма и в более простых случаях (например, для организмов, форма которых приближается к шару) связь размеров организма с его скоростью v может быть уже сейчас математически выражена. Но существование определенной математической зависимости всегда и везде в этой области несомненно и отвечает старинному прочному эмпирическому обобщению (§ 32).

§ 40. Скорость передачи жизни дает ясное понятие об энергии жизни в биосфере, о ее в ней работе, но оно недостаточно для ее определения. Для этого мы должны принять во внимание массу того организма, энергия растекания совокупностей которого в биосфере определяется скоростью V .

Выражение $pV^2/2$, где p — средний вес организма⁵, скорость растекания геохимической энергии которого равна V , даст нам выражение *кинетической геохимической энергии* живого вещества. Взятое по отношению к определенным площади или объему биосферы, оно может дать нам выражение той химической работы, которая в геохимических процессах этой площади или объема может быть произведена данным видом или расой организмов.

Уже давно мы имеем подходы к определению этим путем по отношению к определенной площади биосферы — гектару — части геохимической энергии живого вещества. Это делается при *определении урожаев* — количества с данной площади полезных человеку организмов или их продуктов.

В более полной форме оно выражается в количестве органического вещества, которое может быть создано размножением и ростом организмов на гектаре.

Хотя эти данные очень неполны и не охвачены теорией в достаточной степени, они привели уже к важным эмпирическим обобщениям.

Несомненно, количество создаваемого на гектаре органического вещества ограничено и теснейшим образом связано с той солнечной лучистой энергией, которую захватывает зеленое растение. Геохимическая энергия, собранная этим путем — размножением организмов, — есть измененная солнечная энергия.

Во-вторых, все более выясняется, что в случаях максимальных урожаев количества органического вещества с гектара почвы и гектара океана суть числа одного порядка, приближающиеся к одной и той же величине. Гектар суши охватывает ничтожный слой, не превышающий метров, гектар океана отвечает слою воды, захваченной жизнью, измеряемому километрами. Тождественность создаваемой в них энергии жизни, очевидно, указывает на *освещение* сверху как на ее источник.

Мы увидим, что, вероятно, это связано с характерным свойством почвы суши, скопляющей в себе концентрацию организмов, обладающих огромной геохимической энергией (§ 155). Благодаря этой концентрации энергии живого вещества тонкий слой почвы по своему геохимическому эффекту может сравниться с огромной толщей моря, где центры жизни разжижены инертной массой воды.

§ 41. Кинетическая геохимическая энергия организма $pV^2/2$, взятая по отношению к гектару, т. е. к 10^8 см², выражается следующей формулой, где $10^8/k$ — количество организмов на гектар при достижении ими стационарного числа (§ 37), а k — коэффициент плотности жизни (§ 36):

$$A_1 = \frac{pV^2}{2} \cdot \frac{10^8}{k} = \frac{pV^2 \cdot N_{\max}}{2 \cdot 5,10065 \cdot 10^{18}}$$

Чрезвычайно характерно, что эта величина для *Protozoa* есть величина постоянная. Для них всех выражение A_1 принимает форму:

⁵ Выражение p для среднего веса организма вида (или среднего веса неделимого однородного живого вещества) может и должно быть логически заменено тем средним количеством атомов, которое соответствует неделимому виду. При настоящем положении наших знаний нас должен интересовать не вес атомов, а лишь их число, которое представляет реальное явление. К несчастью, оно может быть вычислено лишь в исключительных случаях, так как почти нет элементарных химических анализов организмов.

$$A_1 = \frac{pV^2}{2} \cdot \frac{10^8}{k} = a \cdot 3,51 \cdot 10^{12} \text{ CGS},$$

где a – коэффициент, близкий к единице⁶.

Из этой формулы ясно, что кинетическая геохимическая энергия *Protozoa* определяется скоростью V , связанной с весом, размерами организма и темпом размножения Δ . Отнесенное к Δ , V выражается следующей простой формулой:

$$V = \frac{46\,383,93 \cdot \lg 2 \cdot \Delta}{18,70762 - \lg k},$$

в которой числовые, постоянные для всех видов организмов коэффициенты связаны с размерами планеты (с площадью ее поверхности и с длиной ее экватора, причем величины выражены в сантиметрах и секундах)⁷.

Из формулы скорости очевидно, что одни размеры планеты не могут объяснить действительно существующего предела для V и Δ .

Наибольшая нам известная величина V равна 33 100 см/с, а наибольшая величина Δ – около 63–64.

Могут ли они идти дальше (что, как это видно из приведенных формул, возможно и при постоянстве кинетической энергии на гектар) или есть в биосфере условие, этому препятствующее?

Такое условие есть, и им является газовый обмен организмов, неизбежный и необходимый для их существования и, в частности, для их размножения.

§ 42. Организм не существует без газового обмена, без *дыхания*. Чем размножение идет быстрее, тем дыхание становится интенсивнее. По степени газового обмена мы всегда можем судить об интенсивности жизни.

В масштабе биосферы нам необходимо, конечно, иметь в виду не дыхание отдельного организма, а общий результат дыхания, необходимо учесть газовый обмен – дыхание всех живых организмов, обнять его как часть механизма биосферы.

В этом отношении давно имеются эмпирические обобщения, очень мало до сих пор обращавшие на себя внимание и не учтенные нашей научной мыслью.

Одно из них указывает, что газы биосферы те же, которые создаются при газовом обмене живых организмов. В биосфере существуют только они одни: O_2 , N_2 , CO_2 , H_2O , H_2 , CH_4 , NH_3 ... Это не может быть случайностью.

Затем весь свободный кислород биосферы создается на земной поверхности *только благодаря газовому обмену зеленых организмов*. Этот свободный кислород есть главный источник свободной химической энергии биосферы.

И, наконец, в-третьих, количество этого *свободного кислорода* в биосфере, равное $1,5 \cdot 10^{21}$ г есть число того же порядка, как и количество существующего и с ним нераз-

⁶ Отвечает плохо известному удельному весу *Protozoa*.

⁷ Выражение V существует для всех организмов, а не только для *Protozoa*. Формула A_1 для высших групп, для *Methazoa* и *Metaphyta* имеет иную, меньшую величину, что связано с явлениями дыхания и глубоким отличием их организации от организации простейших. Не могу здесь входить в рассмотрение этих важных и сложных явлений.

рывно связанного живого вещества, исчисляемого в 10^{20} — 10^{21} г. Оба эти исчисления получены вполне независимо друг от друга.

Эта тесная связь газов Земли с жизнью указывает с несомненностью, что газовый обмен организмов – и на первом месте их дыхание – должен иметь первостепенное значение в газовом режиме биосферы, т. е. являться *планетным явлением*.

§ 43. Этот газовый обмен – дыхание – определяет весь темп размножения; он ставит пределы для величин V и Δ .

Они не могут перейти через пределы, нарушающие свойства газов.

Я уже указывал (§ 29), что количество организмов, могущих существовать в одном кубическом сантиметре среды, должно быть меньше количества в нем газовых молекул, т. е. меньше $2,706 \cdot 10^{19}$ (число Лошмидта). Если величина v будет больше 33 100 см/с, то для организмов, размеры которых меньше размеров бактерий (т. е. размеров меньшего порядка, чем $n \cdot 10^{-5}$), количество неделимых благодаря их размножению превысит 10^{19} в 1 см^3 . Очевидно, при неизбежном существовании обмена между газовыми молекулами и организмами количество поглощающих и выделяющих газовые молекулы организмов, соизмеримых с молекулами по своим размерам, должно было бы расти по мере уменьшения размеров организмов с все большей, в конце концов, невероятной быстротой.

По нашим современным представлениям, таким образом, приходим к физическому абсурду.

Если ограничение количества неделимых в кубическом сантиметре определяет наименьшие размеры организма и этим путем ставит максимальный предел для Δ и V , то неизбежное постоянное соотношение между количеством неделимых и газовых молекул в данном объеме – *явления дыхания* — играет еще большую и постоянно проявляющуюся роль в явлениях размножения.

Дыхание, очевидно, регулирует весь этот процесс на земной поверхности, устанавливает взаимные соотношения между количеством организмов разной плодовитости, определяет, подобно температуре, величину Δ , которой может достигать данный организм в действительности; оно же определяет максимальную Δ , отвечающую размерам организма, не допускает достижения стационарных чисел.

В мире организмов в биосфере идет жесточайшая борьба за существование – не только за пищу, но и за нужный газ, и эта последняя борьба более основная, так как она нормирует размножение.

Дыханием определяется максимальная возможная геохимическая энергия жизни на гектар.

§ 44. Результат этого газового обмена и определяемого им размножения организмов огромен даже в масштабе биосферы.

Ничего аналогичного, даже в отдаленной степени, не представляет косная ее материя.

Ибо благодаря (размножению) каждое живое вещество может создать новые любые количества живой материи. Вес биосферы нам неизвестен, но он составляет небольшую долю веса земной коры, до 16 км мощностью (§ 77), вес которой равен $2,0 \cdot 10^{25}$ г. Равное весу коры количество вещества может быть силой размножения создано в ничтожное, не геологическое время, если только этому не препятствует внешняя среда.

Холерный вибрион и *bacterium coli* могут дать эту массу вещества в 1,60—1,75 суток. Зеленая диатомовая водоросль *Nitzschia putrida* – миксотрофный организм морской грязи, питающийся разлагающимися органическими веществами и в то же время захватывающий солнечный луч, – может дать $2,0 \cdot 10^{25}$ г вещества в 24,5 суток. Это один из наиболее быстро размножающихся зеленых организмов, может быть, в связи с тем, что часть органических веществ он получает в готовом виде. Один из наиболее медленно размножающихся организмов – слон

– может дать то же количество вещества в 1300 лет. Но что значат годы и столетия в геологическом, т. е. планетном, времени!

Мы должны к тому же иметь в виду, что при дальнейшем ходе времени новые массы, равные той же величине $2,0 \cdot 10^{25}$ г, должны были бы получиться в несравненно более короткие сроки.

Эти числа дают нам понятие о тех силах, которые проявляются в явлениях размножения.

§ 45. Конечно, в действительности ни один организм не дает таких количеств.

Однако перемещения таких масс в биосфере силой размножения даже в течение одного года отнюдь не являются фантастическими, и даже в действительности они малы.

Эти числа не ирреальны. Мы действительно наблюдаем проявления жизни, им отвечающие, в окружающей нас природе.

Едва ли можно сомневаться, что жизнь в течение года путем размножения создает количества неделимых и отвечающие им массы вещества порядка 10^{25} г и, вероятно, в очень большое количество раз больше.

Так, в каждый момент в биосфере существует $n \cdot 10^{20}$ — $n \cdot 10^{21}$ г живого вещества. Это вещество вечно разрушается и создается главным образом не ростом, а размножением. Поколения создаются в промежутках от десятков минут до сотен лет. Ими обновляется вещество, охваченное жизнью. То, которое находится в каждую минуту в наличности, составляет ничтожную долю созданного в году, так как колоссальные количества создаются и разрушаются даже в течение суток.

Перед нами динамическое равновесие. Оно поддерживается трудно охватываемым мыслью количеством вещества. Очевидно, что даже в сутки создаются и разрушаются смертью, рождением, метаболизмом, ростом колоссальные массы живого вещества. Кто может измерить количества вечно создающихся и вечно гибнущих неделимых?

Это задача еще более трудного порядка, чем исчисление песчинок моря – задача Архимеда. Как исчислить живые песчинки, непрерывно меняющиеся в своем количестве с ходом времени?

Здесь одновременно скопляются и меняются бесчисленные неделимые в пространстве и во времени. Число их бывших и настоящих даже в течение одного человечески короткого промежутка времени превышает количество песчинок морского песка, несомненно, неизмеримо более чем в 10^{25} раз!

Зеленое живое вещество

§ 46. По сравнению с силой размножения, с геохимической энергией живого вещества, массы его, находящиеся в каждый момент в биосфере, являются небольшими – 10^{20} — 10^{21} г.

Эти массы генетически связаны в своем существовании с зеленым живым веществом, единственным способным захватывать лучистую энергию Солнца.

К сожалению, наши современные знания не позволяют учесть, какую часть всего живого вещества составляет зеленый мир растений. Можно пока дать лишь очень приблизительное понятие о количественной стороне явления.

Нельзя утверждать, что количественно по своей массе зеленое живое вещество преобладает на всей поверхности Земли, но, по-видимому, оно преобладает на *суше*. В океане обычно считается, что количественно – по массе – преобладает животная жизнь. Если даже животная – гетеротрофная – жизнь преобладает в конце концов в массе всего живого вещества, то это преобладание не может быть очень велико.

Не разделяется ли живое вещество на две половины или почти на две половины по весу: на зеленое автотрофное и на его порождение – гетеротрофное? Ответить на этот вопрос мы не умеем.

Но, во всяком случае, несомненно, что уже одно зеленое живое вещество дает массы того же порядка – 10^{20} — 10^{21} г какие отвечают *всему* живому веществу.

§ 47. Строение этого зеленого трансформатора солнечной энергии на суше и в море резко различно. На суше преобладает *травяная* явнобрачная растительность, *древесная* составляет по весу значительную, может быть близкую ей, часть; зеленые водоросли и другие тайнобрачные, особенно протисты, отходят на задний план. В океане преобладают одноклеточные микроскопические зеленые организмы; травы, как *Zostera*, и большие водоросли составляют по весу небольшую часть растительной жизни; они сосредоточены у берегов и в более мелких местах, куда проникает солнечный луч; их плавающие скопления, как скопления саргассов в Атлантическом океане, теряются в общей безмерности морских пределов.

Зеленые метафиты преобладают на суше; из них наиболее быстро размножаются – обладают большей геохимической энергией – травы. Скорость передачи жизни древесной растительности, по-видимому, меньше. Зеленые протисты преобладают в океане.

Скорость V для метафитов едва ли превышает сантиметры в секунду, для зеленых протестов она достигает тысяч сантиметров, т. е. превышает в сотни раз силу размножения метафитов.

Это явление резко характеризует различие жизни моря и суши. Хотя в море зеленая жизнь, может быть, и менее господствует, чем та же жизнь суши, но общее количество зеленой жизни в океане благодаря его преобладанию над сушей на нашей планете по массе превышает растительность суши.

Зеленые протисты океана являются главными трансформаторами световой солнечной энергии в химическую энергию нашей планеты.

§ 48. Можно выразить разный энергетический характер зеленой растительности суши и моря в точных числах и иначе. Формула $2^{n\Delta} = N_n$ (§ 32) дает нам приращение организма в сутки (α) при размножении; беря один исходный организм, мы имеем, для него (в первый день, когда $n = 1$):

$$2^{\Delta} - 1 = \alpha$$

Откуда

$$2^{\Delta} = \alpha + 1 \text{ и } 2^{n\Delta} = (\alpha + 1)^n$$

Величина α есть постоянная для каждого вида; она определяет суточное приращение количества неделимых, сведенное к одному неделимому, т. е. указывает увеличение в каждые сутки одного неделимого.

Величина $(\alpha + 1)^n$, очевидно, определяет количество неделимых, создаваемое размножением в n -й день: $(\alpha + 1)^n = N_n$

Значение этих чисел видно на следующем примере. По М. Ломану, среднее размножение планктона (учитывая его гибель и поедание) может быть выражено константой $\alpha + 1$, равной 1,2996. Та же постоянная для среднего урожая пшеницы во Франции равна 1,0130. Эти величины отвечают среднему идеальному суточному значению одного организма пшеницы и планктона после одних суток размножения. Отношение количеств неделимых планктона и пшеницы п первый день от начала размножения равно таким образом:

$$\frac{1,2996}{1,0130} = 1,2829 = \delta.$$

С каждым следующим днем это отношение будет расти согласно степени δ , т. е. будет в n -й день выражаться величиной δ^n .

Для 20-го дня величина δ равна 145,9, а для сотого дня количество неделимых планктона в $6,28 \cdot 10^{10}$ раз должно быть больше количества неделимых пшеницы. В годовой оборот, после которого временно замирает развитие пшеницы, эта разница – δ^{365} – достигает астрономической цифры $3,1 \cdot 10^{39}$. Конечно, при таком различии темпа размножения разница в весе взрослого травянистого растения суши, весящего сотни граммов, т. е. $n \cdot 10^2$ г и микроскопического организма планктона, весящего немногие многомиллионные доли грамма ($n \cdot 10^{-6}$ — $n \cdot 10^{-10}$ г), исчезает.

Зеленое организованное вещество моря достигает этого результата благодаря быстроте оборота своего вещества. Сила, в нем заложенная солнечным лучом, позволила бы ему создать в десятки дней, в 50–70 дней, а может быть и меньше, массу вещества, равную по весу земной коре (§ 44). То же предельное количество вещества могла бы дать травяная растительность суши в несколько лет – *Solanum nigrum*, например, в пять лет.

Необходимо иметь в виду, что эти числа не могут быть количественно сравнимы для выражения роли в биосфере зеленой травяной растительности и зеленого планктона.

Для такого сравнения надо их брать в одинаковые промежутки времени от начала процесса, причем различие быстро увеличивается с ходом времени. В то время как *Solanum nigrum* в 5 лет дал бы $2 \cdot 10^{25}$ г вещества, зеленый планктон должен был бы дать в этот промежуток времени количества, которые трудно выразить понятными нам числами. В следующий, значительно меньший промежуток времени создания того же количества вещества травяной растительностью зеленый планктон дал бы еще большие, еще менее вообразимые числа.

§ 49. Эта разница между зеленым живым веществом суши и моря не является случайностью. Она производится солнечным лучом, связана с различным его отношением к жидкой прозрачной воде и к твердой непрозрачной земле. Быстро размножающийся, т. е. обладающий несравнимо большей энергией в биосфере, мир планктона характеризует не только океаническую жизнь – он характерен для всякой водной жизни по сравнению с жизнью суши.

Величина δ^n может дать понятие о различной энергии сравниваемых живых веществ, но геохимически их энергия проявляется еще в массе, в весе создаваемых неделимых. Масса создаваемого живого вещества определяется произведением количества его неделимых на средний их вес p , т. е.

$$M = p (1 + \alpha)^n$$

Только в случае, когда мелкие организмы могут реально дать в биосфере большую массу вещества, они будут, согласно общим принципам энергетики, поставлены в ней в более выгодное положение, чем организмы крупные.

Ибо всякая система достигает устойчивого равновесия, когда ее свободная энергия равняется нулю или к нему приближается, становится наименьшей возможной в данных условиях, т. е. когда вся возможная в условиях системы работа произведена. Мы увидим, что все процессы биосферы – и вообще земной коры – и их общий облик обуславливаются условиями равновесия механических систем, к которым они могут быть сведены.

Одну из таких систем представляет солнечный луч (солнечная радиация) в сочетании с живым зеленым веществом биосферы. Эта система будет в биосфере в устойчивом равновесии, когда солнечный луч совершит в ней максимальную работу, создаст наибольшую возможную массу зеленых организмов.

На суше солнечный луч не может глубоко проникать в ее вещество; он всюду встречает непрозрачные для него тела, и слой создаваемого им зеленого живого вещества очень тонок.

Крупные растения – травы и деревья – в таких условиях имеют все преимущества для своего развития перед зелеными протистами.

Они достигают создания большего количества живого вещества, чем протисты, хотя и производят его в большее количество времени. Но эта их работа в условиях среды сути возможна. Одноклеточные организмы достигают через короткое уже время возможного для них предела развития – стационарного состояния (§ 37), и в системе «солнечный луч – суша» являются неустойчивой формой, так как травяная и древесная растительность суши, несмотря на меньший запас энергии своего механизма, может в этих условиях производить большую работу, дать большее количество живого вещества.

§ 50. Мы на каждом шагу видим отражение этого явления. Ранней весной, когда жизнь пробуждается в наших степях, степи покрываются в короткое время тонким слоем одноклеточных водорослей, главным образом быстро растущими большими ностоками. Этот зеленый покров быстро исчезает, сменяется медленно растущей, обладающей меньшей геохимической энергией травяною растительностью, так как благодаря свойствам непрозрачного твердого вещества суши трава, а не стоящий впереди нее по геохимической энергии носток является неизбежно в конце концов господствующей. Кора деревьев, камни и почва покрываются всюду чрезвычайно быстро растущими протококками. Во влажные дни они в немного часов дают из весящей миллионные доли грамма клетки дециграммы или граммы вещества. Дальше их развитие не идет даже в самых благоприятных условиях, в странах влажного климата. Так, в платановых рощах Голландии стволы деревьев покрыты постоянным сплошным покровом протококков, находящихся в неизменном равновесии, ибо рост их дальше не идет из-за непроницаемости для света несущего их тела. Совсем в ином положении находятся их водные родичи, свободно развивающиеся в прозрачной среде сотен метров мощностью.

Наши травы и наши деревья суши создали всю свою форму, как увидим, выдвинувшись в прозрачную воздушную среду. Во всем их облике, во всем бесконечном разнообразии их формы мы видим то же самое стремление дать максимум работы, получить максимальную величину живого веса. Они нашли для этого новый путь, захватывая новую среду жизни – тропосферу.

§ 51. В океане, в воде, условия совершенно другие. Здесь солнечный луч проникает на сотни метров, и с помощью своей большей, чем для зеленых трав и деревьев, геохимической энергии зеленая одноклеточная водоросль имеет возможность создать в один и тот же промежуток времени количества живого вещества, несравненно большие, чем может дать их в это время зеленое вещество суши.

Здесь использование энергии солнечного луча чрезвычайное, и здесь устойчивой формой жизни является мельчайший зеленый организм, а не крупное растение. И в связи с этим – благодаря тем же причинам – здесь наблюдается исключительное обилие животной жизни, быстро поедающей зеленый планктон и позволяющей ему этим путем превращать в живое вещество все большее и большее количество лучистой солнечной энергии.

§ 52. Мы видим, что солнечный луч – носитель космической энергии – не только возбуждает механизм ее превращения в химическую – земную, но и создает саму форму трансформаторов, которая является нам в виде живой природы. Космическая сила придает ей разный вид на суше и в воде, и она же меняет ее структуры, т. е. определяет количественные соотношения, существующие между разными автотрофными и гетеротрофными организмами. Всюду

эти явления, подчиненные законам равновесия, неизбежно должны выражаться числами, которые нам едва начинают становиться известными.

Эта космическая сила вызывает *давление жизни*, которое достигается размножением (§ 27). В нем мы в действительности видим передачу солнечной силы на земной поверхности.

Это давление мы, в сущности, постоянно чувствуем в нашей культурной жизни. Человек, меняя девственный облик природы, освобождая некоторые места поверхности суши от зеленой растительности, должен всюду давлению жизни противопоставлять усилие, тратить энергию, ему равную, нести труд. Как только человек перестал бы тратить на это силы и средства, сейчас бы все его лишённые зеленой растительности сооружения скрылись бы в массе зеленых организмов. И сейчас всюду, где можно, они захватывают отнятую от них человеком площадь.

Это давление сказывается *во всюдность жизни*. Области, совсем и всегда ее лишённые, нам неизвестны; на самых твердых скалах, в снежных и ледяных полях, в пустынных песчаных и щебневых областях мы всегда встречаемся с проявлением жизни. Механически сносятся туда неподвижные растительные организмы, постоянно зачинается и прекращается микроскопическая жизнь, заходят, живут и останавливаются в них самостоятельно передвигающиеся животные.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.