



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ УЧЕНИЯ АКАДЕМИКА В.И. ВЕРНАДСКОГО О ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ

Кандидат геолого-минералогических наук Е.П. ЯНИН
(Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН)

DOI: 10.7868/50233361920050067

Научные труды Владимира Ивановича Вернадского – учёного-энциклопедиста, мыслителя, гуманиста, организатора науки, общественного и государственного деятеля – оказали и продолжают оказывать огромное влияние на современное естествознание, на наше научное мировоззрение, на наше миропонимание. Вернадский внёс неоценимый вклад в становление и развитие многих научных дисциплин и научных направлений: кристаллографии, минера-

логии, кристаллохимии, геохимии, био-геохимии, радиогеологии, космохимии, метеоритики, геохимии природных вод, геохимической экологии, геохимии ландшафта, экологической геохимии, гидрогеологии, почвоведения, химии, биологии, биогеоценологии, экологии, географии, науковедения, истории науки, терминологии, музееведения, философии и логики, учения о живом веществе и биосфере, о геохимической деятельности человека, о полезных ископаемых, о диссимметрии геологи-

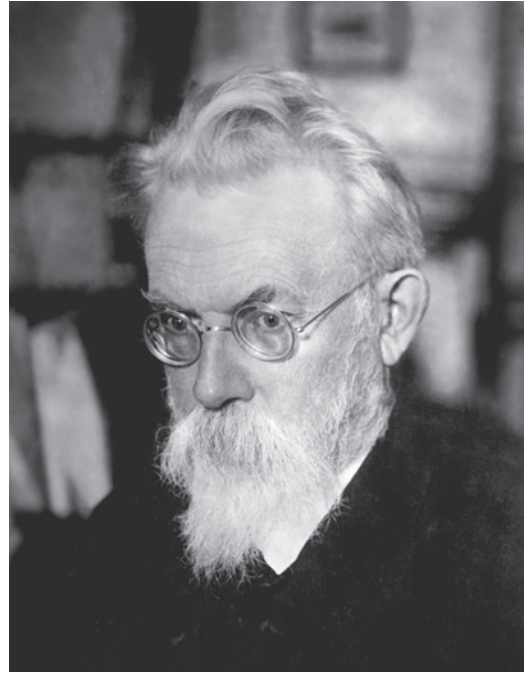
ческих объектов, об оптической активности протоплазмы; им разработаны оригинальная ноосферная концепция и не менее оригинальная концепция пространства и времени. Вернадский – организатор многих научных учреждений и создатель громадной школы минералогов, геохимиков и биогеохимиков, составивших славу отечественной и мировой науки¹.

Учение о живом веществе и его геохимической роли в биосфере² является выдающимся достижением научного творчества Вернадского и сыграло исключительную роль в становлении современной научной картины мира.

В биосфере, согласно Вернадскому, следует различать три типа естественных тел: *тела живые* (например, растения и т.п.), *тела косные* (горная порода и т.п.), *тела биокосные* (почва, озёрная вода и т.п.). Биокосные тела представляют собой закономерные структуры, состоящие из косных и живых тел одновременно, физико-химические свойства которых в существенной мере определяются проявлением находящегося в них живого вещества. Живое вещество представляет собой совокупность живых организмов, в данный момент существующих в биосфере, выраженную в массе и элементарном химическом составе, мерах энергии и характере пространства. Организмы, составляющие эту совокупность, представляют собой элементы живого вещества.

¹ Янин Е.П. *Очерки жизни и деятельности академика В.И. Вернадского*. М., 2018.

² Вернадский В.И. *Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры*. Пг., 1922; Он же. *Живое вещество в химии моря*. Пг., 1923; Он же. *Биосфера*. Л., 1926; Он же. *Биогеохимические очерки*. М.–Л., 1940; Он же. *Химическое строение биосферы Земли и её окружения*. М., 1987; Он же. *Живое вещество*. М., 1978; Он же. *Проблемы биогеохимии*. М., 1980.



В.И. Вернадский
(12 марта 1863 – 6 января 1945)

Необходимо различать *разнородное живое вещество*, охватывающее все земные организмы биосферы, и *однородное живое вещество* данного вида или расы (под именем рас Вернадский подразумевал культурные расы домашних животных и возделываемых растений, которые созданы человеком; сейчас используют термины сорт, порода), находящееся в определённой местности или определённом сгущении или разрежении живого вещества. Разнородное живое вещество состоит из организмов разных видов или рас и охватывает все земные организмы биосферы. Однородное живое вещество состоит из организмов одного и того же вида или расы. Видовое однородное живое вещество создано без вмешательства человека. Расовое однородное живое вещество является результатом человеческой культуры.

Следует различать также биологические разности однородного живого вещества, которые связаны с возрастом, полом, социальной структурой. С геохимической точки зрения, по мнению Вернадского, "мы имеем две резко различные формы однородного живого вещества. Одна – к которой относится большинство видов животных и растений – представляет живое вещество, находящееся в непосредственном соприкосновении с мёртвой природой, и другая – от неё изолированная другим однородным веществом".

Понимаемое таким образом живое вещество сравнимо с другими природными телами, имеющими значение в геохимии, – с минералами, горными породами, жидкостями и т.д., при этом "однородное живое вещество, взятое в чистом виде, аналогично геохимически минералу, а разнородное – горной породе". При таком подходе, считает учёный, живое вещество, выраженное в массе, химическом составе, энергии и характере пространства, может быть изучаемо в геохимии так же, как горные породы и минералы, и точно сравниваемо с ними в своих проявлениях. Живое вещество – это особая форма нахождения химических элементов, выявляющаяся в их миграциях (движениях, перемещениях), аналогично минералам, горным породам, магмам. Биосфера с этой точки зрения представляет ту область земной коры, в которой данная форма нахождения химических элементов – живое вещество – только и может иметь проявление.

Живое вещество представлено в биосфере в виде индивидуальных организмов, размеры которых колеблются в огромных пределах. Оно обнаруживает также значительно большее морфологическое и химическое разнообразие, чем неживое. Известно

свыше 2 млн органических соединений, входящих в состав живого вещества, в то время как количество природных соединений (минералов) косного (неживого) вещества составляет около 2 тыс., то есть на три порядка меньше. Принципиальным является тот факт, что в совокупности организмов – живом веществе – проявляются новые свойства, незаметные или несуществующие, если мы станем изучать отдельный организм, возможно, живому веществу свойственна эмерджентность (появление у системы свойств, не присущих её элементам в отдельности). Именно поэтому в геохимии, подчеркивает Вернадский, мы изучаем не влияние отдельного организма на окружающую их среду, а проявление массового воздействия именно их совокупности, то есть живого вещества, в состав которого входят следующие основные компоненты: 1) совокупность всех живых организмов; 2) части окружающей их внешней среды, необходимые для поддержания их нормальной жизни в течение времени учёта живого вещества; 3) их выделения (экскременты, моча, пот, выдыхаемые газы и др.) в течение того же времени; 4) части, теряемые организмами в течение того же времени (листья, сучья, волосы, волоски и т.д.); 5) компоненты, употребляемые в пищу, или стороннее вещество, ими захваченное; 6) погибшие и умершие (или родившиеся) организмы во время производства учёта; 7) органические смеси, закономерно находящиеся в организмах.

Вернадский подчёркивает, что явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической (планетной) точки зрения, являются проявлениями единого процесса. Всегда существует неразрывная связь живого

и мёртвого, связь организма со средой. При этом всякий организм представляет собой биокосное тело. В состав живой материи – организма – неизбежно должны вносить заведомо безжизненную материю – трупы, отбросы, выделения, экскременты, прилегающие части воздуха, воды, почвы. В каждый организм входит огромное количество воды, которая химически не связана с организмом, находится в нём в жидком, газообразном и физически связанном состоянии. Для жизни эта вода необходима, но мы не можем признать эту воду организма живой. Не можем признать таким вдыхаемый и выдыхаемый воздух, столь же необходимый для жизни. Столь же мало живыми являются находящиеся в организме газы. Огромное геохимическое значение имеет обмен веществ – вхождение и выхождение химических элементов в состав организмов – в связи с процессами питания и дыхания. Есть так называемые органогенные элементы, участие которых в организме или безусловно, или вероятно, а также химические элементы-возбудители, элементы-катализаторы, которые не участвуют в построении тела организма, но тем не менее без них организм правильно развиваться не может. Отсюда следует, что “во всех организмах без исключения лишь небольшая часть их вещества по весу может быть связана с жизненностью, а подавляющая по весу часть вещества является ничем не отличимой от обычной безжизненной материи даже тогда, когда она находится внутри живого вещества. А когда она выходит из организма, она всегда и целиком однотипна с живым веществом”. С точки зрения источников питания и дыхания (по сути, с геохимической точки зрения), в биосфере необходимо различать живое вещество

1-го порядка (автотрофные организмы, которые в своём питании независимы от других организмов) и живое вещество 2-го порядка (гетеротрофные и миксотрофные организмы).

Специфика живого вещества, его резкое отличие от вещества косного, по Вернадскому, заключаются в следующем: 1) живое вещество биосферы характеризуется огромной свободной энергией; в неорганическом мире по количеству свободной энергии с живым веществом могут быть сопоставлены только очень недолговечные незастывшие лавовые потоки; 2) скорости протекания химических реакций в живом веществе многократно выше, нежели в косном веществе; 3) слагающие живое вещество индивидуальные химические соединения (белки, ферменты и пр.) устойчивы только в живых организмах; в меньшей мере это характерно для минеральных соединений, входящих в состав живого вещества; 4) общим признаком всякого живого тела в биосфере является произвольное (пассивное или активное) движение, в значительной степени саморегулируемое; 5) живое вещество обнаруживает значительно большее морфологическое и химическое разнообразие, чем косное; 6) живое вещество представлено в биосфере в виде дисперсных тел – индивидуальных организмов; 7) будучи дисперсным, живое вещество никогда не находится на Земле в морфологически чистой форме (в виде популяции организмов одного вида), а всегда представлено биоценозами; 8) принцип Реди (“всё живое из живого”) является отличительной особенностью живого вещества; современное живое вещество, всегда *рождённое*, генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох; 9) характерным

для живого вещества является наличие эволюционного процесса.

Важнейшими особенностями распределения живого вещества в биосфере являются: 1) его всюдность, 2) его рассеянность, 3) его концентрация в очень тонких по сравнению с мощностью биосферы плёнках ("плёнках жизни"), нередко сплошь покрывающих сотни тысяч квадратных километров (например, планктон Мирового океана), 4) наличие так называемых "сгущений" (например, саргассовые, береговые, почвенные, стоячих водоёмов и др.) и "разрежений" (например, основная толща Мирового океана) живого вещества.

Сгущениям живого вещества в биосфере принадлежит особая роль. Среди таких сгущений важнейшими являются:

А. *Гидросфера* (здесь сосредоточена максимальная масса жизни).

1. Планктонная плёнка (по всей поверхности океана). 2. Бентосная плёнка (по всему дну океана). 3. Саргассовые сгущения. 4. Береговые сгущения.

Б. *Суша* (кора выветривания).

5. Биоценозы наземные. 6. Почвенные сгущения. 7. Сгущения стоячих водоёмов (уже в наши дни были открыты ещё два типа сгущений жизни в океане: апвеллинговые и абиссальные рифтовые).

Следует различать *временные* сгущения живого вещества (например, миграция рыб, миграция саранчи и т.п.), *подвижные* сгущения (скопления домашних животных). Можно также говорить о *культурных* сгущениях живого вещества (содержание домашних животных в стойлах, загонах). Все сгущения и разрежения живого вещества, все растительные формации и сообщества, все биоценозы представляют собой разнородные живые вещества. Изучение плёнок и сгущений жизни

Вернадский считает важнейшей задачей геохимии.

Живое вещество биосферы не есть что-нибудь неизменное, но, наоборот, представляет подвижное меняющееся тело. Следует различать *обратимые* (периодические) изменения живого вещества (периодические разности однородного живого вещества) и *необратимые* изменения живого вещества. Периодические разности однородного живого вещества представляют собой однородные живые вещества, меняющиеся с течением времени в связи с периодическими изменениями окружающей природы (например, в зависимости от сезонов года). Необратимые изменения живого вещества происходят в течение геологических периодов.

Жизнь, подчёркивает Вернадский, является в биосфере фактором, нарушающим обычный ход процесса: организм действует здесь вопреки правилу энтропии. Проявляемая живым веществом в биосфере свободная энергия, сводимая к работе, связанной с движением атомов химических элементов, проявляющаяся в движениях живого вещества, была названа им биогеохимической энергией, которая выражается в дыхании, в обмене, в питании, в создании тела организмов и их химических соединений, в движении организмов, в перемещении ими косной материи, в работе насекомых, животных и т.п. или ещё в более грандиозном масштабе – в труде человеческих обществ. Несмотря на то, что живое вещество по объёму и массе составляет незначительную часть биосферы, оно тем не менее является носителем и создателем свободной энергии, ни в одной земной оболочке в таком масштабе не существующей. Эта свободная энергия – *биогеохимическая энергия* – охватывает всю биосферу, вызывает и резко

меняет по интенсивности миграцию химических элементов, строящих биосферу, и определяет её геологическое значение. Именно поэтому, по мнению Вернадского, определение геохимической энергии живого вещества, её проявления, то есть химической работы, совершаемой организмами в биосфере в виде тока химических элементов, является основной задачей для понимания значения живого вещества и его места в мироздании. Вернадский формулирует важнейшее эмпирическое обобщение (названное впоследствии законом Вернадского), согласно которому живое вещество биосферы является геологической (геохимической) силой планетного характера и определяет геохимическую миграцию химических элементов, основные химические закономерности в биосфере, её организованность. Организованность биосферы как системы характеризуется динамическими равновесиями, отражающими все явления в среде, в которой эти равновесия существуют, и означает, что ни одна точка этой системы не занимает в течение геологического времени то же самое место, а закономерно колеблется около точно выражаемого среднего.

Геологическая работа живого вещества в биосфере, обуславливающая миграцию атомов, проявляется в двух основных формах: 1) химической (дыхание, питание, внутренний метаболизм, размножение); 2) механической (деятельность роющих организмов, бобров, сверлильщиков, термитов, коралловых полипов и т.д., хозяйственная деятельность человека). Таким образом, влияние живых организмов на миграцию химических элементов проявляется двояким путём: а) частью путём природного обмена, когда организмы проводят химические элементы через свои тела; б) частью путём изменения природных

соединений без проведения их через свои собственные тела, что производится техникой жизни организмов (и особенно хозяйственной деятельностью человека). В биосфере между живым и косным веществом существует непрерывно идущая связь во время дыхания, питания, размножения живого вещества, что проявляется в миграции атомов из косных тел биосферы в живые и обратно. Образование живого вещества и разложение органических остатков формируют единый биологический круговорот атомов, который в биосфере протекает повсеместно, хотя в разных формах и с разной интенсивностью. Одно из важнейших проявлений геологической и геохимической работы живого вещества – его участие в создании атмосферы Земли, осадочных пород, природных вод, почв, кор выветривания и т.д. Именно геохимическая деятельность организмов в существенной степени определяет химический состав окружающей их среды. Так, история кислорода на земной поверхности обусловлена в самых основных своих чертах жизнедеятельностью зелёных растений. Главным фактором формирования химического состава вод биосферы также является живое вещество. Благодаря растениям и микроорганизмам создаётся почва и поддерживается её плодородие. С жизнедеятельностью организмов связано образование особых горных пород – биолитов (сланцы, уголь, торф и другие горючие ископаемые, известковые породы и др.).

Особенно велика роль живого вещества в земной истории химических элементов: "...в истории всех химических элементов живое вещество является тем фактором, участие которого необходимо и неизбежно для получения тех их природных соединений и их естественных ассоциаций, которые

образуются сейчас в земной коре и которые мы видим неизменно во все геологические эпохи их прошлой истории". Обусловленная биогеохимической энергией миграция химических элементов была названа Вернадским *биогенной миграцией*, которая имеет два отличительных признака. Во-первых, она идёт в совершенно определённой части нашей планеты – в биосфере и в прилегающих к ней частях земной коры. Во-вторых, она порождена всецело одной-единственной силой – силой жизни. Био-генная миграция атомов вызывается тремя различными процессами жизни: 1) метаболизмом живого организма – его дыханием, питанием, различными отбросами; 2) ростом организмов; 3) размножением, увеличением числа организмов. В свою очередь, при явлениях размножения и роста живых организмов следует различать: а) био-генную миграцию атомов 1-го рода для микроскопических одноклеточных и микробов, б) биогенную миграцию

атомов 2-го рода для многоклеточных организмов. Существует также био-генная миграция атомов 3-го рода, которая для большинства живых организмов проявляется в недостаточной степени, но чрезвычайно характерна и особенно ярко выражена в геохимической работе человека.

Способность живых организмов во взаимодействии с косными естественными телами вызывать миграцию вещества биосферы Вернадский назвал *геохимическими (биогеохимическими) функциями живого вещества*, которые захватывают практически все химические элементы, распространяются на всю планету, не зависят от территориальных условий и химически отражаются на окружающей организм внешней среде. Биогеохимические функции, вместе взятые и непрерывно существующие, определяют основные химические проявления живого вещества в биосфере и разделяются на следующие основные группы (см. табл.).

Основные биогеохимические функции живого вещества

Группа	Основные функции	Примечание
Газовые функции	Кислородно-углекислотная Углекислотная (независимая от кислородной) Озонная и перекисьводородная Азотная Углеводородная Терпеновая Сероводородная и сульфидная Водная	Газы, образующиеся в биосфере, теснейшим образом связаны своим происхождением с живым веществом, всегда био-генны и изменяются главным образом био-генным путём. Био-генное происхождение выражается в 2-х различных процессах: 1) как прямое выражение жизненного процесса живого вещества – био-генной миграции атомов; 2) био-генный процесс 2-го рода, когда разрушаются с выделением газов био-генные и биокосные породы и образования.

Группа	Основные функции	Примечание
Концентрационные функции	<p>Функции 1-го рода: захват живым веществом тех химических элементов, соединения которых встречаются в теле всех без исключения живых организмов.</p> <p>Функции 2-го рода: характеризуют некоторые определённые группы живых веществ.</p>	<p>Сводятся к избирательной концентрации организмом из окружающей среды определённых химических элементов, что является наиболее ярким проявлением вещественного характера в явлениях жизни и создаёт совокупность живых организмов, то есть живое вещество.</p>
Окислительно-восстановительные функции	<p>Окислительная: окисление более бедных кислородом соединений.</p> <p>Восстановительная: резко выражена для сульфатов, создание H_2S, FeS, FeS_2.</p>	<p>Окислительная функция характерна для бактерий и, может быть, для грибов, большей частью автотрофных. Агентами восстановительной функции являются в природе многочисленные бактерии и, может быть, грибы.</p>
Биохимические функции	<p>Первая (связана с питанием, дыханием, размножением организмов).</p> <p>Вторая (связана с разрушением тела живого вещества и переходом его в косную материю; способна создавать биогенные минералы).</p>	<p>Неразрывно связаны с организмом. Для живого вещества основным явлением должна считаться функция размножения и роста организмов, которая выявляется внутри тел живого вещества. Источники этих проявлений лежат в окружающей данное живое вещество среде, и эти явления могут быть представлены в атомарной форме как закономерная биогенная миграция химических элементов из внешней среды в живое вещество и из последнего в окружающую среду. Необходимо различать: а) биогенную миграцию 1-го рода для микроскопических одноклеточных и микробов; б) биогенную миграцию 2-го рода для многоклеточных организмов.</p>
Биогеохимические функции человека	<p>Новая геологическая сила, которая никогда не существовала на нашей планете в таком размере.</p>	<p>Человек может менять химические процессы биосферы в такой степени, которая сравнима в своём геологическом значении с биогенной миграцией 1-го и 2-го рода всех организмов, вместе взятых. Сейчас в биосфере начинает доминировать биогенная миграция атомов 3-го рода, вызываемая человеческим разумом и трудом, резко отделяющими <i>Homo sapiens</i> от всего живого вещества.</p>

Понятие о биогенных миграциях и положение о биогеохимических функциях нашли своё выражение в *биогеохимических принципах*, сформулированных Вернадским. Так, все биогенные миграции могут быть обобщены как 1-й биогеохимический принцип: биогенная миграция атомов химических элементов (геохимическая биогенная энергия) в биосфере всегда стремится к максимальному проявлению. Все биогеохимические функции могут быть сведены ко 2-му биогеохимическому принципу: эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идёт в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы (при эволюции видов выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают биогенную геохимическую энергию). Основываясь на работах Ч. Дарвина, А. Уоллеса и на палеонтологических данных, Вернадский сформулировал 3-й биогеохимический принцип: в течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало.

Человечество Вернадский рассматривает как часть однородного живого вещества. При этом, включая человечество в состав живого вещества, геохимически меняющего процессы, идущие в земной коре, – подчёркивает учёный, – мы сталкиваемся здесь с новыми, ранее нам неизвестными свойствами живого вещества. Именно "в живом веществе создалась новая геологическая сила ума и техники, раньше на нашей планете небывалая, которая нам кажется беспредельной

и, возможно, в будущем, выходящей за пределы планеты". Новую форму биогеохимической энергии, каковой является "техническая работа человечества, сложно руководимая его мыслью – сознанием", Вернадский назвал энергией человеческой культуры, культурной биогеохимической энергией. Человек может менять и меняет химические процессы биосферы в такой степени, которая сравнима в своём геологическом значении с биогенной миграцией 1-го и 2-го рода всех организмов, вместе взятых. Именно поэтому в настоящее время в биосфере начинает доминировать биогенная миграция атомов 3-го рода, идущая под влиянием жизни, воли и разума человека, являющаяся одним из самых грандиозных геохимических процессов и представляющая собой форму организованности первостепенного значения в строении биосферы; именно деятельность культурного человечества меняет химический лик нашей планеты. При этом, подчёркивает Вернадский, деятельность человека, перерабатывающая и резко меняющая биосферу, не есть случайное явление на нашей планете, "но есть стихийный природный процесс, корни которого лежат глубоко и подготовлялись эволюционным процессом, длительность которого исчисляется сотнями миллионов лет". Научная мысль и научная работа социального человечества становятся мощной геологической силой в биосфере. Биосфера переходит в новое эволюционное состояние – в ноосферу.

Сформулированное Вернадским эмпирическое обобщение о том, что техническая работа человечества, сложно руководимая его мыслью (сознанием), является новой формой биогеохимиче-

ской энергии, а преобразование природы – деятельностью человека, является в основе своей геохимическим процессом, носит глобальный характер и есть закономерное явление в геологической истории Земли, имеет фундаментальное значение для современного естествознания. Именно Вернадским была, в сущности, обозначена важнейшая проблема современности – проблема изменения химического состава биосферы под воздействием человеческой деятельности, или, в утилитар-

ном понимании, проблема загрязнения окружающей среды, и обоснованы методологические принципы изучения этого феномена.

Новая отрасль знания, призванная изучать влияние жизни на геохимические процессы, была названа Вернадским биогеохимией, основной задачей которой является, говоря его словами, точное количественное и качественное, возможно, полное выяснение геохимических функций живого вещества в биосфере.



А вы отправили обязательный экземпляр?

Издательство «Наука» предлагает организациям и независимым издателям услугу по отправке Обязательного Электронного Экземпляра в Российскую государственную библиотеку и Российскую книжную палату

При размещении научных, научно-популярных книг и журналов в Электронной библиотечной системе Издательства «Наука» (libnauka.ru) данную услугу мы предоставляем бесплатно

Задать вопрос и узнать о стоимости услуги вы можете по адресу oee@naukaran.com