

# ИСТОРИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ПЕРСОНАЛИИ

УДК 502 / 504 (091, 092)

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В.И. ВЕРНАДСКОГО О БИОГЕННОЙ МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

К.г.-м.н. **Е.П. Янин**

(Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва)  
yanin@geokhi.ru

*В статье рассматриваются основные положения представлений В.И. Вернадского о биогенной миграции химических элементов. В качестве приложения приводится впервые публикуемая заметка В.И. Вернадского, посвященная обоснованию «принципа максимума проявления биогенной миграции химических элементов».*

Важнейшей задачей геохимии является детальное познание истории химических элементов, участвующих в различных процессах, происходящих в биосфере. Геохимическая история элементов на нашей планете «может быть всегда сведена к их разнообразнейшим движениям, перемещениям, которые мы в геохимии будем называть их миграциями» [5, с. 43], и «в значительной мере основана на изучении законов таких миграций» [5, с. 89]. Именно в результате геохимической миграции создается «атомная геометрия пространства-времени, выражаемая в истории и распределении атомов» Земли [5, с. 14], а все протекающие геохимические процессы в конечном счете проявляются «в движениях химических элементов в земной коре – в переносах, концентрациях, переходах этих элементов из одного соединения в другое» [6, с. 187].

Общая миграция химических элементов вызывается определенными силами земной природы – внутренними или внешними, идет под влиянием энергии Солнца, энергии тяготения и воздействия внутренних частей земной коры на биосферу [6]. «Все эти перемещения элементов, чем бы они не вызывались, укладываются в системы определенных подвижных равновесий; в частности, в истории отдельных химических элементов они выявляются в замкнутых геохимических циклах – в круговоротах атомов» [6, с. 244], представляющих собой совокупность последовательно происходящих геохимических явлений и процессов, в ходе которых химические элементы мигрируют, участвуют в различных физико-химических превращениях с образованием минералов и других соединений, претерпевают изменения изотопного состава и возвращаются в исходное состояние. Геохимические циклы непрерывно осуществляются как посредством круговорота элементов из одной геосферы в другую (большой геохимический цикл), так и в пределах конкретной геосферы (малый геохимический цикл). Большой геохимический цикл связан с преобразованием вещества земной коры в процессах выветривания-осадкообразования-метаморфизма-магматизма-выветривания; малый геохимический цикл – с круговоротом элементов атмосферы, почв, грунтовых вод и живого вещества, или с преобразованием горных пород в процессах выветривания-сноса-осадкообразования-выветривания. Образование живого вещества и разложение органических веществ образуют единый биологический круговорот

атомов, который идет в биосфере повсеместно, в разных формах и с разной интенсивностью.

Вернадский показал, что живое вещество (т. е. совокупность живых организмов, в данный момент существующих в биосфере, выраженной в массе, элементарном химическом составе, мерах энергии и характере пространства) есть самая мощная геологическая сила биосферы, действенная его энергия по сравнению с энергией косного вещества (т. е. «лишенной жизни материи») в историческое время огромна [8, 18]. «Своею жизнью живые организмы непрерывно вызывают огромные перемещения – миграции химических элементов, отвечающие массам вещества, во много раз превышающим массу самого живого вещества. Составляя небольшие доли процента по весу вещества биосферы, взятого в целом, живые организмы вызванным ими движением охватывают все вещество биосферы» [8, с. 37]. Живому веществу принадлежит ведущая роль в круговороте многих химических элементов, причем всякий растворимый, но нелетучий элемент может совершать естественный круговорот только через биосферу. Именно «живое вещество является носителем и создателем свободной энергии, ни в одной земной оболочке в таком масштабе не существующей. Эта свободная энергия – биогеохимическая энергия – охватывает всю биосферу и определяет в основном всю ее историю. Она вызывает и резко меняет по интенсивности миграцию химических элементов, строящих биосферу» [10, с. 131–132], и определяет так называемую биогенную миграцию атомов [2], которая «проявляется в виде движения – ухода и прихода определенных химических соединений и отдельных химических элементов – из живого вещества и в живое вещество в процессах питания, дыхания, выделений, размножения, характеризующих живое вещество» [8, с. 58–59], и представляет собой «форму организованности первостепенного значения в строении биосферы» [6, с. 231]. Таким образом, биогенная миграция химических элементов вызывается тремя различными процессами жизни: 1) метаболизмом живого организма (его дыханием, питанием, различными отбросами), 2) ростом организмов, 3) размножением, увеличением числа организмов.

Живое вещество биосферы коренным образом отличается от так называемого косного вещества (т. е. «лишенной жизни материи»), а связь между ними осуществляется только в форме биогенной миграции атомов [2]. Между косной частью биосферы, «ее косными природными телами и живыми веществами, ее населяющими, идет непрерывный материальный и энергетический обмен, материально выражающийся в движении атомов, вызванным живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается закономерно меняющимся, непрерывно стремящимся к устойчивости равновесием. Оно проникает всю биосферу, и этот биогенный ток атомов в значительной степени ее создает» [10, с. 22–23]. Существует резкая разница в темпе биогенной миграции химических элементов по сравнению с миграцией элементов «косного остова» биосферы. Миграция химических элементов в косной среде идет с исключительной медлительностью и, как общее правило, выявляется только в длительности геологического времени. Биогенная миграция элементов резко выявляется в исторически длительном времени [2].

«Миграция химических элементов, отвечающая живому веществу биосферы, является огромным планетным процессом, ... строящим и определяющим геохимию биосферы и закономерность всех происходящих на ней физико-химических и геологических явлений, определяющих организованность этой земной оболочки» [10, с. 163]. Миграция химических элементов в биосфере – есть великий планетный процесс движения земных атомов, непрерывно длящаяся больше двух миллиардов лет согласно определенным законам [6].

В.И. Вернадский показал, что в биосфере одновременно существуют два типа биогенных миграций химических элементов [9]: 1) биогенная миграция, в геологическое время не меняющаяся, и 2) биогенная миграция эволюционного процесса, не меняющаяся в масштабе исторического времени, но резко меняющаяся в аспекте геологического времени. В свою очередь, влияние живых организмов (живого вещества) на миграцию химических элементов проявляется двойным путем [7]: а) частью путем природного обмена, когда организмы проводят химические элементы через свои тела; б) частью путем изменения природных соединений без проведения их через свои собственные тела (особенно ярко это представлено в геохимической работе человечества). Способность живых организмов вызывать движение химических элементов (т. е. биогенную миграцию) В.И. Вернадский назвал биогеохимическими функциями живого вещества, которые захватывают практически все элементы, распространяются на всю планету, не зависят от территориальных условий и химически отражаются на окружающей организм внешней среде [8].

Согласно В.И. Вернадскому [6], существуют следующие формы биогенной миграции:

1) Первая (и основная) форма – это биогенная миграция, генетически, непосредственно связанная с веществом живого организма (дыхание, питание, внутренний метаболизм, размножение), количественное значение которой определяется массой живого вещества, существующего в данный момент на Земле.

2) Вторая форма – миграция, связанная с интенсивностью биогенного тока атомов; она может быть резко различна при одном и том же количестве атомов, захваченных живым веществом.

3) Третья форма – это миграция атомов, производимая организмами, но генетически и непосредственно не связанная с входением или прохождением атомов через их тело. Она «производится техникой их жизни» (постройки термитов, муравьев, кораллов и т. п.), но своего исключительного развития достигла после возникновения цивилизованного человечества и максимально проявлена в наше время, когда, в сущности, вырабатывается новая форма биогенной миграции элементов, создаваемая человеческой техникой (Вернадский называет ее технической биогенной миграцией [2]). Как известно, совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых технической (инженерной, горнотехнической, химической, сельскохозяйственной) деятельностью человека, была позже названа А.Е. Ферсманом [14] техногенезом, а миграция элементов, обусловленная этой деятельностью, получила название «техногенной миграции» и сейчас широко используется в научной литературе.

4) Четвертая форма – те «косвенным образом связанные с живым веществом изменения в положении атомов, которые являются следствием брошенных организмами в биосферу новых соединений» (например, миграция, вызванная созданием свободного кислорода «зелеными организмами или изменением химических комбинаций, созданных гением человека») [6, с. 243].

Оценивая скорость и геологическую значимость биогенной миграции химических элементов В.И. Вернадский пришел к заключению, что следует различать:

1) Биогенную миграцию атомов 1-го рода для микробов и одноклеточных организмов, которая до недавних пор резко преобладала на Земле, была «самая мощная биогенная планетная геологическая сила, самое мощное геологическое проявление живого вещества» [8, с. 163].

2) Биогенную миграцию атомов 2-го рода для многоклеточных организмов.

3) Биогенная миграция атомов 3-го рода, которой в настоящее время овладел человек и которая идет «под влиянием его жизни, воли, разума в окружающей

среде» [9, с. 247]. Сейчас «история человечества вступила... в фазу, в которой биогенная миграция атомов 2-го рода встала на второй план по сравнению с биогенной миграцией атомов 3-го рода, которая сейчас доминирует на нашей планете» [9, с. 253]; биогенная миграция атомов 3-го рода есть следствие биогеохимической функции человечества (как части живого вещества), является одним из самых грандиозных геохимических процессов и «представляет форму организованности первостепенного значения в строении биосферы» [6, с. 231]. Вернадский подчеркивал, что эта миграция элементов растет в ее проявлении в массе вещества планеты в геометрической прогрессии [8]. Техническая работа человечества, сложно руководимая его мыслью – созданием, обуславливает появление в биосфере «огромной новой формы биогеохимической энергии» [8], «человек становится геологической планетной силой, в таком масштабе в истории нашей планеты раньше небывалой» [8, с. 87], «он меняет внешний вид, химический и минералогический состав окружающей среды, своего местожительства. Его деятельность с каждым веком становится более мощной и более организованной. Натуралист не может видеть в ней ничего другого, как естественный процесс того же порядка, как все другие геологические явления... Человек ... изменил течение всех геохимических реакций» [8, с. 238–239].

Здесь необходимо отметить следующее. Понятие о биогенной миграции атомов 3-го рода, сформулированное В.И. Вернадским и еще требующее своего терминологического оформления, по своему объему больше, нежели понятие о техногенной миграции химических элементов. С позиций формальной логики они находятся в отношении субординации (подчинения объемов), когда понятие меньшего объема (техногенная миграция) составляет часть понятия с большим объемом (биогенная миграция атомов 3-го рода), т. е. находятся в родовидовых отношениях (техногенная миграция есть вид биогенной миграции 3-го рода). На практике же обычно эти два понятия отождествляют, тогда как биогенная миграция атомов 3-го рода определяется не только технической деятельностью человека. С одной стороны, человечество есть часть живого вещества, в связи с чем способно вызывать миграцию химических элементов, связанную с его материальным субстратом, что, кстати, также может приводить к негативным экологогигиеническим последствиям. С другой стороны, подчеркивал В.И. Вернадский, здесь мы сталкиваемся с новым фактором – с человеческим сознанием, с научной мыслью, которая выявляется как сила, имеющая небывалое значение в истории биосферы и практически всех химических элементов. «Это явилось следствием мощного развития научной мысли, научного исследования и охваченной наукой техники и труда человеческих обществ» [9, с. 251]. Естественное и неразрывно с ним связанная техника проявляются в наш век как геологическая сила, резко меняющая биосферу [8]. Как писал С.Н. Булгаков, «в науке строятся не только логические модели действительности, но и создаются проекты воздействия на нее» [1, с. 193]. Идеи, – сказал русский поэт и философ Николай Белозубов, – семена будущих событий.

С точки зрения терминологии (как науки о терминах), словосочетание «биогенная миграция атомов 3-го рода» является термином, в котором использованы так называемые произвольные признаки. Такие термины достаточно трудно входят в научную терминологическую систему. Возможно, в силу этого термин «биогенная миграция атомов 3-го рода» как бы заменился термином «техногенная миграция элементов». Одновременно произошла, если не подмена, то, по крайней мере, заметное сужение объема соответствующего понятия. В частности, традиционным является разделение (классификация) геохимической миграции (ближайшее родовое понятие) на 4 вида (ближайшие видовые понятия) [11, 12]:

механическая миграция, физико-химическая миграция. биогенная миграция, техногенная миграция, что приводит к логической ошибке, поскольку последняя есть вид биогенной миграции. Утверждается также, что в ноосфере главную роль играет техногенная миграция, которая, будучи (в рассматриваемой выше классификации) видовым понятием, тем не менее является «высшей формой миграции» и включает в себя и все «нижние формы» – механическую, физико-химическую и биогенную миграции (таким образом становясь, почему-то, родовым понятием, что приводит, по крайней мере, к логической ошибке).

Положение о биогеохимических функциях нашло свое выражение в сформулированных В.И. Вернадским эмпирических обобщениях о биогеохимических принципах, которые связаны с особым энергетическим характером проявления живого вещества в биосфере. Так, все биогенные миграции могут быть обобщены как первый биогеохимический принцип [3]: «биогенная миграция атомов химических элементов в природе всегда стремится к максимальному проявлению. Все живое вещество планеты, взятое в целом, таким образом, является источником действенной свободной энергии, может производить работу» [9, с. 248]. Все биогеохимические функции могут быть сведены ко второму биогеохимическому принципу: «эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы» [9, с. 250]. Первый принцип, по мнению Вернадского, есть простое эмпирическое обобщение, прямо вытекающее из факта устойчивости геологического процесса в ходе исторического времени и положения термодинамики, что для этого необходимо, чтобы вся работа, которая может быть сделана, была сделана, т. е. чтобы действенная энергия приближалась к нулю. Второй принцип заключает некоторое допущение, но которое неизбежно вытекает из фактов геологически медленного изменения эволюции видов организмов. Основываясь на работах Дарвина, Уоллеса, палеонтологических данных, Вернадский сформулировал третий биогеохимический принцип: «в течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало» [9, с. 265].

В настоящее время человек может «менять химические процессы биосферы в такой степени, которая сравнима в своем геологическом значении с биогенной миграцией 2-го рода и 1-го рода всех организмов вместе взятых» [9, с. 253]. Действительно, сейчас масштабы проявления биогенной миграции атомов 3-го рода настолько велики, что она обуславливает не только увеличение уровней содержания в окружающей среде химических элементов и их соединений («техногенное загрязнение»), но и кардинальное изменение основных физико-химических параметров среды их миграции, вплоть до формирования геохимических обстановок и образований, до недавнего времени в природе не существовавших [13, 15–17]. Собственно техногенные преобразования захватывают огромные территории, проявляются в коренной трансформации всех компонентов биосферы и представляют собой главный фактор, определяющий экологические особенности многих регионов мира, а в конечном счете и условия существования человека. Для того чтобы понять, оценить и контролировать эти процессы, необходимо изучить их на атомарно-молекулярном уровне. Изначально, именно в геохимии, имеющей экологическую (в широком понимании этого термина) основу, были заложены возможности открытия новых путей для получения научных знаний об этих процессах, а следовательно, для практического применения ее законов и достижений, ибо «подходя к научному изучению природы, мы никогда не должны и не можем забывать, что оно... неизбежно связано с практическим значением его в жизни человечества.... Особенно это должно чувствоваться, когда мы касаемся вопросов геохи-

мии, где культурная жизнь человечества является могучей силой, меняющей химические явления нашей планеты. Очевидно, что изучение хода развития роста геохимического значения человечества должно повести за собой и большее проникновение человека в понимание прикладного характера научной работы» [7, с. 21].

Перед человеком, подчеркивал Вернадский, открылись «перспективы, каких еще никогда не существовало на нашей планете, и в пределах планеты нет видно границ, которые могут быть поставлены биогенной миграции атомов 3-го рода, руководимой человеческим разумом» [9, с. 253]. Он был убежден, что в геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой труд и свой разум на самоистребление [4].

Безусловно, решение многих современных экологических проблем сводится к разумному управлению биогенной миграцией атомов 3-го рода и, соответственно, биогеохимической функцией человечества, от интенсивности и специфики проявления которых в существенной мере зависит качество среды обитания в отдельных районах и организованность биосферы в целом.

### Литература

1. *Булгаков С.Н.* Сочинения в 2 т.: Т. 1. – М.: Наука, 1993. – 603 с.
2. *Вернадский В.И.* О некоторых основных проблемах биогеохимии // Известия АН СССР. ОМОН, сер. геол., 1938, 18, № 1, с. 19–34.
3. *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940.
4. *Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии, 1944, 18, вып. 2, с. 113–120.
5. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 696 с.
6. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения. Т. 5. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 422 с.
7. *Вернадский В.И.* Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
8. *Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии. – М.: Наука, 1980. – 320 с.
9. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1987. – 339 с.
10. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – 520 с.
11. *Перельман А.И.* Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
12. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. – М.: Астрель-2000, 1999. – 768 с.
13. *Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш.* Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
14. *Ферсман А.Е.* Геохимия: Т. 2. – Л.: Химтеорет, 1934. – 354 с.
15. *Янин Е.П.* Введение в экологическую геохимию. – М.: ИМГРЭ, 1999. – 68 с.
16. *Янин Е.П.* Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы (Труды Биогеохимической лаборатории, т. 24). – М.: Наука, 2003, с. 37–75.
17. *Янин Е.П.* Геохимические последствия хозяйственной деятельности человека // Экологическая экспертиза, 2017, № 3, с. 2–43.
18. *Янин Е.П.* Учение В.И. Вернадского о живом веществе, его биогеохимических функциях и геохимической роли в биосфере // Экологические системы и приборы, 2017, № 3, с. 45–55.

**<О БИОГЕННОЙ МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ>**

В.И. Вернадский

*Публикуемый ниже рукописный текст (без авторского названия) сохранился в Архиве РАН (Фонд 518. Опись 1. Дело 30. Листы 1–5). Составлен он Вернадским, очевидно, не позднее 1926 г. Авторские подчеркивания выделены курсивом. Неразборчиво написанные слова помечены как <нрзб>, части сокращенных слов отмечены квадратными скобками. В конце статьи приводятся примечания публикатора, ссылки на которые в публикуемом тексте обозначены как [1], [2] и т. д.*

В основу я кладу новый принцип: *Биогенная миграция химических элементов в биосфере неизбежно стремится к максимальному проявлению* [1]. «Биогенная миграция» – всякое движение химических элементов, производимое жизнью, живыми организмами. Это положение неизбежно связано с основными нашими принципами механики и термодинамики. А для меня еще важнее, что оно могло быть выведено эмпирически. Биогенная миграция производится дыханием, метаболизмом, питанием, размножением. «Жизненный вихрь» [2], неизменно текущий через каждый организм, есть ее наиболее яркое проявление.

Это основное положение максимума биогенной миграции химических элементов в биосфере является другим выражением того, что биосфера – в неразрывной связи с жизнью, с населяющими ее организмами – есть *механизм* [3], такой же механизм, каким является, скажем, или атом, или солнечная, или галактическая система. Все определяется числом и мерою.

Проявлением такого строения биосферы является не только *всюдность* жизни, ее давление благодаря размножению, идущему впредь до заполнения нашего пространства; оно выявляется и в молекулярной среде – бактерии порядка тысячных и десятитысячных долей сантиметра будут, размножаясь, заполнять эти молекулярные поля, не охваченные для них проявлениями тяготения.

Биогенная миграция не только идет физическим ростом вещества организмов – увеличением его массы или быстроты «жизненных вихрей». Она имеет и другое выражение в нашу психозойную геологическую эпоху. Вся техника человечества или животных, раз она вызывает перемещение химических элементов в биосфере, есть проявление биогенной миграции химических элементов планеты.

Поэтому те массы металлов, кот[орые] мы выделяем не для питания, а для жизни, те количества CO<sub>2</sub>, кот[орые] мы выбрасываем при отоплении и техникой, все это составляет часть биогенной миграции. Измененный нашей цивилизованной жизнью лик Земли служит лучшим выражением создающегося идущего силою живого вещества – его мыслью и его сознанием – перемещения химических элементов.

В окружающем нас мире нет случайности. Не случайно, причинно и появление человека, и его будущая судьба. Когда стираются грани между человеком, между живым и «косным» – между ним и внешним миром, забывается, что сам «мир» не может остаться таким, каким он представлялся раньше при этом, столь обычном во многих философских и религиозных системах противоположении. Недавно я

прочел в любопытной книжке Гальдана – Daedalus [4] – что будущие века – века биологии и что *биология* коренным образом изменит физику и химию. Я думаю, это очень правильная и глубокая мысль.

Возвращаюсь. Максимальное проявление биогенной миграции есть частное проявление основного механического принципа: всякая разнородная механическая система стремится к равновесию и если не будет нарушающих сил она придет к положению, при котором ее свободная (т. е. способная при данных условиях производить работу) энергия наименьшая; т. е. вся работа, кот[орая] может быть выполнена в системе, будет сделана.

«Биогенная миграция» и есть *работа*; движение, кот[орое] химические элементы этим путем делают – служит ее мерой и выражением.

В масштабе человеческой жизни биогенная миграция химических элементов выражается в окружающей нас живой природе и в созданном жизнью изменении косной части биосферы. Едва ли для нас есть какое-нибудь более грандиозное ее проявление, чем та, кот[орая] выражается в явлениях размножения организмов, во всюдности жизни.

Мы знаем, что изучая биогенную миграцию для отдельных химических элементов в историческом масштабе – в пределах исторического и четвертичного времени – мы всюду наблюдаем повторяемость циклов биогенной миграции – связанной и геохимическими циклами элементов, некоторые из кот[орых] были изучены в моей «Геохимии» [5].

Но *время* не отделимо для нас из Космоса и большое и малое время – есть чисто антропоцентрическое представление.

Мы мыслим живую природу в геологическом времени (порядка 1, 1½, м[ожет] б[ыть], нескольких миллиардов лет). Это мышление ее в геологическом времени и выражает открываемый при этом эволюционный процесс живых форм. Для нас сейчас эволюция живых организмов есть эмпирический факт – можно спорить лишь о причине его производящей и о способе каким создаются новые, вымирают старые виды.

Очевидно, «принцип максимума биогенной миграции», д[олжен] б[ыл] иметь свое место в течение всего геологического времени, он не зависит от времени...

Я пережил в своей жизни всю страстную борьбу за эволюционное представление, в частности дарвинизм. Оно охватило всю мысль натуралистов. Вижу сейчас, что я в молодости не был им охвачен, но всегда считал, что за ним стоит какое-то более глубокое проявление жизни, кот[орое] должно его выяснить. Подсознательно и непонятным образом я никогда ему не поддавался, и он никогда меня не удовлетворял. Думаю, что такой все время мне присущий фон моей духовной жизни – позволил мне прийти сейчас к этому обобщению, кот[орое] позволяет проникнуть глубже. Ибо принцип максимума биогенной миграции химических элементов направляет ход эволюции – т. е. является началом более глубоким в порядке Природы. Эволюция видов может идти в том направлении, может идти только так, что биогенная миграция *химических элементов при создании вида, или при его изменении, увеличивается*. Только такое увеличение биог[енной] миграции, производящее виды растений и животных, будет создаваться.

Мы можем это видеть, изучая окружающую нас живую природу или изучая палеонтологическую историю прошлых организмов.

Прежде чем идти дальше, я хочу подчеркнуть, что я думаю, что впервые дается возможность предвидеть (и в будущем предсказывать) путь эволюции и что

вместе с тем ясным становится, что прошедший путь жизни не был случайным, не явился в результате хаотического столкновения тысяч причин и явлений, а обоснован непреложным законом. Одним из выражений такого закона является принцип максимума проявления биогенной миграции. Человек – и я в частности – подошел к новому, более глубокому проникновению в природу жизненных проявлений, чем эволюция видов, кот[орая] в некоторых чертах должна явиться его следствием...

Эволюция видов, как мы знаем, способна также как размножение, увеличивать всюдность жизни. Два больших таких проявления м[огут] б[ыть] сейчас указаны: захват темных пещер суши и создание населения океанического дна. Ибо анализ форм давно указал, что по крайней мере часть одного населения произошла из форм, живших на свету и приспособившихся путем эволюции к жизни во мраке. Знаменитые загадки глаз трилобитов или протеусов давно известные примеры. Вероятно, многое покажет тоже самое – напр[имер], организмы горячих источников. Как я указываю в «Биосфере» [6], в течение геологического времени *область жизни в биосфере растет благодаря эволюционному процессу*.

Мы видим здесь проявление принципа максимума биогенной миграции; – биогенная миграция увеличивается в геологическом времени созданием новых форм, поселяющихся там, где жизнь раньше не была возможна.

Любопытно, что многое доказывает тоже самое: CO<sub>2</sub> (напр[имер] в воздухе) больше, чем может ее использовать зеленый мир. Вероятно, жизнь цивилизованного человечества в конце концов ее (т. е. двуокись углерода, углекислота – *Е.Я.*) еще увеличивает [7].

Вероятно, здесь открывается много неожиданного и негаданного. По-видимому, автотрофные бактерии – более молодые создания. Об этом я указываю – не говоря прямо, в «Биосфере» (на состояние голодания, задерживающего размножение).

Гораздо ярче все это сказывается в процессе палеонтологической эволюции. Все большие, нам известные этапы, на это указывают.

Остановлюсь на нескольких примерах.

Огромный скачок был дан биогенной миграции, когда был создан *скелет*, гл[авным] обр[азом] богатый кальцием, организмов. Если для общей истории кальция это совершилось, вероятно, в докембрийское время – вероятно около кембрия, – то для позвоночных значительно позже Са – заменил С-скелет (углеродный скелет – *Е.Я.*), он освободил значительную часть углеродного резерва, шедшего на создание нужных для организма опорных частей. Несомненно, без него не мог существовать и человек: начало его будущего выявления уже в это время было «предрешено» – создавалась и подготавливалась форма для сознания – этой могущественной планетной силы.

Другим примером может служить создание лесов – в форме гигантских поднимающихся до 50–100 метров организмов, захватывающих тропосферу, по-видимому, это было достигнуто в начале палеозоя – причем мы видим в течение долгих десятков миллионов лет (до третичной эпохи?) развитие этого нового достижения. По сравнению с водорослями, травянистой растительностью и первичными криптогамами – хвойные и явнoсеменные деревья являются огромным успехом, увеличивающим миграцию химич[еских] элементов и одновременно захватывающих новые области биосферы для жизни, ее увеличивающим своей по-верхностью.

Третьим очень крупным явлением должно считаться создание *летающих* организмов – в частности, организмов, богатых скелетными частями, кальциевыми

частями. До появления летающих рептилий в палеозое – эту роль могли исполнять только насекомые; достигнут был этот эффект в мезозое – созданием птиц. Роль их, как переносителей химич[еских] элементов колоссальна, и миграция их созданием увеличена в огромной степени. Достаточно представить миллиарды птиц, несущих ежегодно вещество с юга Африки к Ледовитому Северному морю и обратно в ежегодных их переселениях... Роль птиц, по-видимому, кончается.

Так с созданием человека кончается и роль млекопитающих, господ третичной эпохи, когда их влияние в безлесных, а частью лесных пространствах было огромно. Оно было – с точки зрения биогенной миграции – аналогично вызывающей смещение элементов роли птиц. Мне кажется, что переселение рыб, птиц, млекопитающих, насекомых – это как бы течение на нашей планете химич[еских] элементов, вызываемое жизнью. Третичные млекопитающие остановили <нрзб>.

Но роль человека исключительная. *Homo sapiens faber* [8] – употребляя тройную новую номенклатуру – ставит своим созданием грань между старым и новым. Новая *геологическая* эпоха небывалого раньше масштаба биогенной миграции элементов этим начинается. Я думаю, она приведет к автотрофности человека [9], его отрыву от остального живого и, м[ожет] б[ыть], к его независимости от планеты, места его создания.

По существу, сейчас в этих логических следствиях и попытках объяснения самое важное – это возможность предвидеть направление эволюции. Эволюция не есть клубок случайностей. Это медленный закономерный процесс, регулируемый условиями того механизма, часть которого составляет жизнь, т. е. механизма биосферы. Создание человека – *homo sapiens faber* – было уже заложено в этом непрерывно идущем процессе полтора миллиарда – и больше – лет тому назад. Ход эволюции есть разветвление в ходе времени. Принцип максимального проявления биогенной миграции химич[еских] элементов является регулятором – одним из регуляторов – хода и направления этого процесса. Куда он направится за *homo sapiens faber*?

#### *Примечания*

1. Основные положения этой заметки были использованы В.И. Вернадским в докладе, прочитанном им на заседании Ленинградского общества естествоиспытателей 5 февраля 1928 г. Доклад опубликован: *В.И. Вернадский* Эволюция видов и живое вещество // Природа, № 3, 1928, с. 227–250.

2. «Жизненный вихрь» – несколько измененное выражение французского естествоиспытателя Ж. Кювье, который писал, что «жизнь есть более или менее быстрый, более или менее сложный вихрь, направление которого, однако, неизменно; вихрь этот привлекает всегда молекулы одного определенного рода, которые то вступают в его круговорот, то покидают его...» (см. *В.И. Вернадский* Избранные сочинения. Т. 5. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 228).

3. В начале 1930-х гг. В.И. Вернадский придет к заключению, что биосфера не может рассматриваться как механизм (механизм – это, например, часы, отметит он). Вместо термина «механизм биосферы» Вернадский («для выражения существующего единства биогеохимических процессов жизни с атомной картиной мира») стал использовать словосочетание «организованность биосферы». Организованность биосферы как системы, согласно Вернадскому, 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. Смещения или колебания этого среднего непрерывно проявляются не в историческом, а в геологическом времени.

4. *J.B.S. Haldane*. *Daedalus, Or Science and the Future*. London, 1923. 93 p. Есть русский перевод: *Холден Д.Б.С., Рассел Б.* Дедал и Икар (Будущее науки): Пер. с англ. Петроград, 1926. 96 с. Джон Бэрдон Сандерсон Холдейн (1892–1964) – английский биолог, философ и популяризатор науки; один из основоположников современной популяционной, математической, молекулярной и биохимической генетики, синтетической теории эволюции; иностранный почётный член академий наук целого ряда стран, включая (с 1942) СССР; член (с 1937) Коммунистической партии Великобритании.

5. *В.И. Вернадский* Очерки геохимии. М.-Л.: Гос. изд-во, 1927. 368 с. Первое издание вышло на французском языке: *La géochimie*. Paris: Alcan, 1924. 404 p.

6. *В.И. Вернадский* Биосфера. Л.: НХТИ, 1926. 147 с.

7. Техногенные выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу – одна из актуальнейших экологических проблем современности.

8. «Человек разумный созидающий» (с латинского); термин был предложен французским философом А. Бергсоном, что не раз подчеркивал с своих работ В.И. Вернадский и считал, что «мыслящий и работающий человек есть мера всему. Он есть огромное планетное явление» (*В.И. Вернадский* Проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1980, с. 89).

9. См.: *W. Vernadsky* L'autotrophie de l'humanité // *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 1925, v. 36, № 17/18, p. 495–502. На русском языке: *В.И. Вернадский* Автотрофность человечества / Биогеохимические очерки. 1922–1932. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940, с. 47–58.

Публикация и примечания Е.П. Янина