



В. Э. КРУМБАЙН, А. В. ЛАПО

Биосферная концепция Вернадского как основа геофизиологии

Геофизиология — наука о феноменах и процессах, происходящих на Земле как на живой планете. Земля может быть определена как «сверхорганизм» в смысле Геттона* или биоид (био-планета) в смысле Крумбайна**. Земля функционирует как организм, питаясь снаружи и изнутри «энергией жизни» и «питательными веществами». Она регулирует параметры окружающей среды, ограничивая пределы их колебаний. Как развивающаяся система, Земля находится в динамическом равновесии. В истории Земли отклонения от идеального равновесия проявляются в форме «событий» и катастроф. Эти колебания являются неотъемлемыми качествами системы и могут проявляться как в форме биологических и внутренних событий, так и в форме внешних событий, определяемых циклами Миланковича или ударным действием метеоритов и комет.

В настоящее время невозможно решить, являются ли нижняя мантия и ядро Земли частями этой живой системы или же они представляют собой особые системы.

В ответ на флуктуации такого типа, как цикл Миланковича или изменения светимости Солнца в ходе геологической истории, биопланета увеличивает количество и скорость биоциклов вещества и энергии. Следствием этих изменений является увеличение вовлечения потока солнечной энергии в восстановлен-

* *Hutton J.* Theory of the Earth // Transaction of the Royal Society of Edinburgh, 1795. Vol. 1—2.

** *Krumbein W. E.* Biotransfer of minerals by microbes and microbial mats // Biomineralisation in Lower Plants and Animals / Ed. B. S. C. Leadbeater, R. Riding. Oxford: Clarendon, 1986. P. 55—72.

ные энергонасыщенные органические и неорганические соединения.

Согласно Вернадскому, скорость круговоротов энергии и вещества на биопланете зависит от равновесия между упомянутыми выше внешними и внутренними факторами воздействия на систему живого вещества. Нахождение элементов в составе тех или иных восстановленных или окисленных соединений и прохождение ими циклов (от индивидуальных подсистем до глобальных, включающих атмосферу, гидросферу, биосферу, земную кору и мантию) может продолжаться от одного года до сотен миллионов лет. Генетическое разнообразие и специфические характеристики окружающей среды, созданные деятельностью живого вещества, тесно связаны между собой*. (Био) седиментация, (био)эрозия, (био)транспорт против силы тяжести являются проявлениями этой динамической системы живого вещества.

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ГЕОФИЗИОЛОГИИ

На Земле проявляется специфическое равновесие процессов, далекое от термодинамического, астрофизического и геохимического равновесий, поскольку планета является живой**. Поэтому методы изучения Земли должны быть геофизиологическими***. Геофизиологию можно определить как науку, изучающую нормальные функции Земли как живого естественно-го тела****.

Реакции Земли можно и нужно сравнить с взаимодействием органов или органелл в пределах организма (с их взаимосвязанными физическими, химическими, биохимическими, сенсорными и моторными реакциями) и тем, как эти реакции запечат-

* *Krumbein W. E., Dyer B.* This planet is alive // *The Chemistry of Weathering* / Ed. J. I. Drever. Dordrecht: Reidel, 1985. P. 143—160.

** *Krumbein W. E., Dyer B.* p. cit.; см. также: *Krumbein W. E.* Op. cit., 1986; *Krumbein W. E., Schellnhuber H.-J.* Geophysiology of carbonates as a function of bioplanets // *Facets of Modern Biogeochemistry* / Ed. V. Ittekott, V. S. Kempe, M. Michaelis, A. Spitzky. Berlin; Heidelberg: Springer, 1990. P. 5—22.

*** *Lovelock J. E.* Geophysiology: a new look at Earth Science // *Bull. Amer. Met. Soc.* 1986. Vol. 67. N 4.

**** *Krumbein W. E.* Introduction // *Microbial Geochemistry* / Ed. W. E. Krumbein. London: Blackwell, 1983. P. 1—4; см. также: *Krumbein W. E., Schellnhuber H.-J.* Op. cit., 1990.

леваются в памяти. Так организм создает окружающую среду и самого себя во взаимодействии с окружающей средой*.

В соответствии с концепцией геофизиологии живое вещество (совокупность живых организмов) творит себя и постоянно себя преобразует благодаря притоку энергии и вещества из окружающей среды. Внутренние части Земли, где непосредственные биохимические процессы исключены, в этих циклах непосредственно не участвуют, но во все возрастающей степени они вовлекаются в них в качестве депо хранения вещества, которое участвует в саморегулируемом термодинамическом равновесии. Все отклонения от равновесного состояния балансируются разными путями, включая изменение сложности системы. Эволюционная тенденция может быть описана как прогрессирующая или временная асимметрия. Запечатленная в поколениях память является отличительной особенностью Земли как единого целого. Концепция ноосферы, созданная парижской группой ученых**, основана именно на этой особенности Земли.

Концепции Плиния Старшего («Гея») и Дж. Геттона («сверхорганизм») включают в себя понятия как общего генетического разнообразия, так и суммарное количество вещества и энергии, находящихся в циклах в пределах системы. Земля как живое тело или как вид *Terra sempervirens* может быть определена как «биопланета» или «биоид» по контрасту с неживым «геоидом»***. Крумбайн**** уже упоминал о том, что концепция Джордано Бруно о «циклическом развитии» как промежуточном состоянии хаоса находилась в непримиримом противоречии с ортодоксальной христианской концепцией «творения и Божьего промысла». Если циклические взаимодействия суще-

* См.: *Krumbein W. E., Dyer B. Op. cit., 1985.*

** *Bergson H. L'évolution créatrice. Paris: F. Alcan, 1924; Le Roy E. L'exigence idéaliste et le fait d'évolution. Paris, 1927. 196 p.; Teilhard de Chardin P. L'histoire naturelle du monde // euvres. Paris: Seuil, 1957—1959; Vernadsky V. La géochimie. Paris: F. Alcan, 1924. 404 p.; Vernadsky V. The Biosphere and the Noosphere // Amer. Scientist. 1945. Vol. 33, N 1. P. 1—12; Wernadsky W. I. Einige Worte über die Noosphäre // Biologie in der Schule. 1972. Bd 21, H. 6. S. 222—231.*

*** См.: *Krumbein W. E. Op. cit., 1986.*

**** См.: *Krumbein W. E. Op. cit., 1983; Krumbein W. E. Auf den Schultern des Riesen — Von Zeitgeist in der Erforschung geomikrobiologischer Zusammenhänge // Ein Nord—Süd Profil Zentraleuropa—Mittelmeerraum—Afrika / Ed. E. T. Oegens, W. E. Krumbein, A. A. Prashnovsky. Festschrift Knetsch. Mtt. Geol. Staatsinstitut. Hamburg, 1984.*

ствуют, то масса жизни в той же степени постоянна и определяет физические принципы вещества, энергии и пространства. Такая система лишь в какой-то мере может быть непредсказуемой, но в целом она не является недетерминированной; потенциально она имеет склонность как к эволюции, так и к непредсказуемой катастрофе.

Эволюционные особенности Земли могут проявляться в увеличении или уменьшении степени организованности, что является следствием изменения поступающего в систему потока энергии. Если этот поток увеличивается, то накапливается больше информации и больше энергии и вещества может участвовать в процессах; если поток энергии уменьшается, жизнь накапливает меньше энергии и информации в биологических циклах*.

КОНЦЕПЦИЯ БИОСФЕРЫ И НООСФЕРЫ ВЕРНАДСКОГО

Вернадский первым ввел понятие живого вещества в науки о Земле и дал следующее его определение: «Живое вещество биосферы — это совокупность ее живых организмов»**. По Вернадскому***, биосфера, обыденно говоря, это то, что нас окружает, та «природа», в которой мы живем. В различных своих работах Вернадский дал несколько определений биосферы, везде подчеркивая две ее отличительные особенности. Первая из них следующая: «Биосфера представляет оболочку жизни — область существования живого вещества»****. Вторая особенность заключается в том, что, «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. п.»*****

В своих работах Вернадский подчеркивает всюдность жизни, обусловленную ее давлением. «Области, совсем и всегда ее ли-

* См.: *Krumbein W. E.* Op. cit., 1983.

** *Vernadsky V. I.* Problems of biogeochemistry: 2 // Trans. Conn. Acad. Arts Sci. 1944. Vol. 35. P. 487¹.

*** *Вернадский В. И.* Биосфера. Л.: НХТИ, 1926. 146 с.; *Vernadsky V.* La Biosphère. Paris: F. Alcan, 1929. 232 p.

**** *Вернадский В. И.* Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. С. 178.

***** *Vernadsky V. I.* The Biosphere. Oracle, Ariz. and London, 1986. P. 11².

шенные, нам неизвестны; на самых твердых скалах, в снежных и ледяных полях, в пустынных и щебневых областях мы всегда встречаемся с проявлениями жизни... Такие явления существовали на нашей планете во все геологические эпохи. Они всегда имели ограниченные пределы» *. <...>

В геологическом масштабе времени неполная замкнутость биогеохимических циклов обычно приводит к дифференциации химических элементов и их накоплению в атмосфере, гидросфере или осадочной оболочке Земли **. Вернадский определил «область былых биосфер» как оболочку Земли, которая когда-то в ходе геологического времени подверглась влиянию жизни. <...>

Интерпретация Вернадским земной коры как «области былых биосфер» была основана на следующем «эмпирическом обобщении», сформулированном им в III выпуске «Проблем биогеохимии», опубликованном посмертно: «Никогда в течение всего геологического времени не наблюдались азойные, т. е. лишённые жизни, геологические эпохи» ***. Древнейшие осадочные породы на нашей Земле, возраст которых достигает 3.7 млрд. лет, содержат остатки живых организмов или следы процессов жизнедеятельности.

«Отсюда следует, что, во-первых, современное живое вещество <...> генетически связано с живым веществом всех прошлых геологических эпох <...> И во-вторых, что в течение всего этого времени условия земной среды в биосфере были доступны для существования жизни, т. е. физико-химические условия поверхности планеты были близки к современным» ****.

Согласно Вернадскому, деятельность живого вещества в биосфере проявляется в двух главных формах: а) химической (биохимической) и б) механической. Геологическая деятельность в первой из этих форм — построение тела организмов и пищеварение — по Вернадскому, естественно, является более важной: «Это постоянный поток атомов, проходящий из биосферы и в биосферу через живые организмы. В результате процессов, происходящих только внутри организмов и нигде более в биосфе-

* Ibid. P. 37—38³.

** *Vernadsky V. I. La biogéochimie // Scientia. 1945. Ann. 39. (Oct.—Dec.). P. 77—84.*

*** *Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии // Тр. Биогеохим. лаборатории ГЕОХИ АН СССР. 1980. Т. 16. С. 122.*

**** Там же. С. 123.

ре, образуется огромное количество химических соединений, изменяющихся во времени»*.

Несмотря на то что живое вещество по своей массе составляет только несколько десятых долей процента от всей биосферы, Вернадский утверждал, что «на земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому 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 в ней нет случаев, где бы они были независимы от жизни»**.

Рассчитаем, каковы шансы того, что какая-нибудь из молекул кислорода или углекислого газа, выдохнутого умирающим Цезарем во время произнесения фразы: «И ты, Брут...» — была поглощена при вдохе в течение сегодняшнего дня читателем этой статьи. Ответ будет ошеломляющим: 99 %!

Другой удивительный факт: показано, что суммарное живое вещество в какой-то мере влияет на скорость вращения Земли. Происходит это следующим образом: весной деревья поднимают почвенную влагу на 15—20 м над поверхностью почвы, вытягивая ее из земли и включая в состав своего тела; осенью же листопадные деревья теряют листву и за счет этого их масса уменьшается. Этот эффект еще более значителен из-за того, что суммарная масса материков (и следовательно, масса воды в их деревьях) в Северном полушарии выше, чем в Южном, океаническом. Сезонные флуктуационные скорости вращения Земли регулируются, таким образом, Северным полушарием. <...

Обобщая идеи Вернадского о ведущей роли жизни в формировании земной коры, геохимик А. И. Перельман предложил называть «законом Вернадского» следующее утверждение: «Миграция химических элементов в биосфере осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция) или же протекает в среде, геохимические особенности которой (O_2 , CO_2 , H_2S и т. д.) обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории»***⁵.

* См.: *Vernadsky V. The Biosphere and the Noösphere // Amer. Scientist. 1945. Vol. 33, N 1. P. 3.*

** См.: *Vernadsky V. I. Op. cit., 1986. P. 16⁴.*

*** *Перельман А. И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. С. 215.*

Крумбайн и Шеллнгубер* развивают эту концепцию в теорию накопления энергии в глобальных масштабах, согласно которой органическое вещество накапливается в земной коре и затем окисляется, восстанавливая тем самым сульфаты до сульфидов (пирита). Таким образом, создаются колоссальные резервуары энергии за счет поступления солнечной энергии в геохимическую систему современной биосферы и былых биосфер. <...>

В своем научном завещании — статье о ноосфере — Вернадский писал: «Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массами биосферы, то биогенные породы (т. е. созданные живым веществом) составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явление метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер»**.

Современникам Вернадского его концепция гранитной оболочки Земли как продукта былых биосфер казалась парадоксальной. Но говорят, что «истина лежит на дне колодца»⁷, и точка зрения Вернадского постепенно осваивалась геологической наукой. В 60-е годы, опираясь на идеи Вернадского, норвежский петрограф и геохимик Томас Ф. В. Барт пришел к выводу, что «все породы, которые мы видим сегодня, когда-то были осадками... Породы видоизменялись плутонизмом, метаморфизмом, метасоматизмом, они переплавлялись (по крайней мере, частично) и находились в форме магм и лав, — но когда-то в прошлом они образовались из осадков». Осадки же, со своей стороны, в течение всей геологической истории Земли сформировались при активном участии живого вещества в условиях биосферы. Поглощение солнечной энергии, объем и скорость седиментации, редокс-потенциал, концентрация химических элементов и энергонасыщенность осадочных пород постоянно находятся под контролем биосферы.

Концепция новой глобальной тектоники, сформировавшаяся в последние десятилетия, показала возможный механизм формирования гранитного слоя земной коры из осадочных пород. Согласно этой концепции, земная кора океанов, подобно ленте конвейера, движется от океанических хребтов к материкам. На эту «ленту» и отлагаются осадки, которые, постепенно подвигаясь под континенты, подвергаются там метаморфическим пре-

* См.: *Krumbein W. E., Schellnhuber H.-J.* p. cit., 1990.

** См.: *Vernadsky V.* The Biosphere and the Noosphere // Amer. Scientist. 1945. Vol. 33, N 1. P. 6—7⁶.

образованиям. В результате этих процессов большинство следов деятельности живого вещества в метаморфических породах утрачиваются. Требуется «снятие метаморфизма», чтобы расшифровать осадочную природу древних метаморфических пород.

Вернадскому принадлежат замечательные слова: «Жизнь является великим, постоянным и непрерывным нарушителем химической косности поверхности нашей планеты <...> Жизнь является, таким образом, не 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»*.

Так Вернадский оказался первым, кто дал логический ответ на загадочное утверждение Иммануила Канта о специфической форме Земли и ее продолжающемся обновлении. Анализируя философию Земли Бюрне (Burnet), Кант писал: «Бюрне думал, что высокие, лишённые растительности горы и океанские пучины Земли бесполезны и что это часть божественной кары человечеству. В этом утверждении он, без сомнения, ошибался... Вопрос о том, является ли Земля сферическим телом или же у нее существуют отклонения от идеальной формы геоида, является более важным и требует дальнейшего рассмотрения и развития».

ГЕОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ И ПРОЦЕССЫ

< ... > Современная геофизиология, использующая идеи Дж. Геттона, сформулированная Лавлоком** и Крумбайном***, опирается на основополагающие идеи Вернадского о биосфере и о роли живого вещества в ее функционировании. «Впишется» ли человек с его разумной (?) и целенаправленной (?) деятельностью в гигантскую систему живого вещества с его геофизиологией, или же человек станет отправной точкой ноосферного развития, на что надеялся Вернадский, покажет будущее. Различные

* См.: *Vernadsky V. La Biosphère. Paris: F. Alcan, 1929. P. 30⁸.*

** См.: *Lovelock J. E. Geophysiology: a new look at Earth Science // Bull. Amer. Met. Soc. 1986. Vol. 67, N 4; Lovelock J. E. Geophysiology // Trans. Roy. Soc. Edinb., Earth Sci. 1989. Vol. 80. Pt. 3-4. P. 169—175.*

*** См.: *Krumbein W. E. Op. cit., 1983, 1986.*

геофизиологические идеи, например о богатых энергией резервуарах ископаемых органических соединений и сульфидов, которые через миллионы лет превращаются снова в живые системы, о сложном биотическом контроле атмосферных условий и температуры у поверхности Земли, о скорости биовыветривания и биоседиментации в глобальном масштабе при более детальном рассмотрении могут оказаться как правильными, так и ошибочными. Ответ на вопрос о существовании ноосферы и человека как разумного геофизиологического фактора относится к области метафизики. <...>

