

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДОБАВОЧНОГО УСЛОЖНЕНИЯ В БИОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

© 2019 г. С.Л. Шварцев

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука СО РАН, Томск, Россия*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

E-mail: tomsk@ipgg.sbras.ru

Поступила в редакцию 15.11.2018 г.

Поступила после доработки 15.11.2018 г.

Принята к публикации 28.04.2019 г.

Проблема эволюции окружающего мира относится к числу наиболее важных для науки в целом и волнует учёных в течение нескольких тысячелетий. Одна из причин этого, по мнению автора статьи, заключается в том, что наукой до сих пор не раскрыта созидательная функция воды в формировании внешних оболочек Земли, которая определяется её антагонистическим противоречием с базальтами, а позже и с простыми продуктами фотосинтеза. Неравновесность — главный фактор всех эволюционных процессов, обеспечивающий создание равновесных со средой новых образований, включая и более сложные. Но круговорот воды, определяющий поступление новых её порций в систему, непрерывно, нарушая равновесие, производит дополнительное усложнение, приводящее к постоянному ускорению эволюции системы В.И. Вернадского "вода—порода—газ—органическое вещество (живое и неживое)". Вода обеспечивает единство поведения косной и живой материи.

Ключевые слова: эволюция, добавочное усложнение, равновесно-неравновесное состояние, фотосинтез, антагонистическое противоречие, образование сложностей.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873898800-810>

После долгих исканий, колебаний и сомнений наука, наконец, установила, что окружающий нас мир непрерывно не только меняется, но и постоянно усложняется и ускоряется: эволюция природы стала научным фактом [1]. Но почему окружающий мир меняется? Как идёт его усложнение? Какие силы определяют его ход? Как возникла жизнь? Эти и многие другие вопросы не дают покоя учёным уже в течение нескольких тысячелетий. Ещё древние мыслители Эллады пытались найти на них ответы. Так были высказаны две

разные гипотезы о природе главной субстанции, которая создаёт окружающий мир: Фалес из Милета считал началом материальной сущности всех вещей воду, а Гераклит из Эфеса ту же функцию отводил огню. С тех пор эти две точки зрения существуют, не находя примирения. Не вдаваясь в исторические перипетии их противостояния, отметим лишь, что достигнутые к настоящему времени результаты трудно назвать удовлетворительными, поскольку до сих пор эволюция признаётся только в живой материи, её начало неизвестно, а в качестве механизма усложнения рассматривается исключительно естественный отбор [1]. Само понятие "эволюция" не является строгим и имеет много значений [2]. Мы понимаем под ним не любое, но такое изменение системы, которое требует усложнения происходящих в ней процессов во времени под действием сил (причин) внутреннего взаимодействия составляющих её элементов независимо от внешних факторов.

Главная причина неудовлетворительного объяснения наукой механизмов эволюции кроется, по нашему мнению, в том, что до сих пор не по-



ШВАРЦЕВ Степан Львович — доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Томского филиала ИНГГ им. А.А. Трофимука СО РАН, профессор ТПУ.

нята ведущая созидательная роль воды в эволюционных процессах. Исторически сложилось, что взаимодействие воды с эндогенными алюмосиликатами практически не учитывалось, поскольку такие минералы малорастворимы и якобы не могут оказывать существенного влияния на состав подземных вод. Вторичные минералы, которые всё-таки иногда образуются в результате гидролиза эндогенных алюмосиликатов, формируются, как считалось, не через водный раствор, а путём твердофазного превращения одного исходного минерала в другой. Господствовали две основные гипотезы такого превращения — диффузионная и кинетическая, а также многие их разновидности [3, 4]. В настоящее время, во-первых, получены принципиально новые данные, демонстрирующие, что все вторичные минералы всегда равновесны с природными водными растворами, в которых они образовались, а первичные, как правило, нет [5, 6]. Во-вторых, экспериментально установлено, что все вторичные минералы образуются из водного раствора, а взаимодействие воды с эндогенными алюмосиликатами происходит по механизму двойной реакции: растворения и осаждения [7–12].

Как оказалось, система вода—алюмосиликаты является внутренне противоречивой, равновесно-неравновесной, способной к непрерывному геологически длительному взаимодействию с образованием целой гаммы вторичных минералов и многочисленных геохимических типов вод. При этом противоречивое состояние рассматриваемой системы — фундаментальное её свойство. Оно отражает её внутреннюю сущность, определяемую особенностями строения воды и алюмосиликатов. По этой причине в природе нет сил, которые могли бы остановить это взаимодействие [13].

Тем самым впервые в геологической науке выявлен *механизм внутренней эволюции в неживой материи, независимый от каких-либо внешних факторов. Установлено, что система вода—порода относится к типу диссипативных, развивается вдали от равновесия, является нелинейной, необратимой и всегда способна неслучайно, а в соответствии со строгими законами термодинамики непрерывно формировать принципиально новые минеральные соединения, совершенно непохожие на исходные, растворяемые водой, включая и более сложные* [5, 6, 13–15].

Ещё одно необычное свойство воды — постоянная подвижность — позволяет ей участвовать в круговоротах, и поэтому в одну и ту же горную породу в одном и том же месте постоянно поступают новые порции воды из внешней среды. Попадая в горную породу, вода сохраняет близкий исходный состав, а порода, в которую она поступает, постепенно меняется. Таким образом, эво-

люция взаимодействия воды с алюмосиликатными породами складывается из двух составляющих. Во-первых, вода, попадая, например, в базальты и перемещаясь по ним, взаимодействует с одними и теми же минералами и тем не менее меняет свой состав и состав образуемых ею вторичных минералов. Во-вторых, вода с течением времени поступает в постоянно меняющуюся породу и тем самым тоже меняет свои параметры и тип образуемых ею вторичных минералов. Рассмотрим оба процесса более подробно.

Механизмы взаимодействия воды с эндогенными породами одного состава достаточно подробно рассмотрены в предыдущих публикациях [5, 6, 13–16], поэтому в данной статье мы изложим этот вопрос тезисно. Равновесно-неравновесное состояние системы вода—алюмосиликаты обеспечивает непрерывное растворение одних минералов и образование других. Состав формирующихся вторичных минералов меняется в строгой парагенетической ассоциации с изменением состава воды по строгим законам термодинамики. Следовательно, система способна к непрерывному, геологически длительному взаимодействию с образованием широкого спектра вторичных минералов и многочисленных геохимических типов воды. Другими словами, она способна к длительной геологической эволюции [14, 17].

Более того, оказалось, что имеются эндогенные алюмосиликаты, с которыми подземные воды никогда не приходят в равновесие. Речь идёт об алюмосиликатах Ca, Mg и Fe, формирующих базальты. Поступающие из этих алюмосиликатов химические элементы связываются образующимися вторичными минералами иного состава, среди которых гидроксиды, карбонаты, глины, цеолиты, хлориты, слюды и т. д., выступающими геохимическими барьерами на пути установления равновесия подземных вод с эндогенными минералами. Следовательно, вода никогда не приходит в равновесие с базальтами, всегда их растворяет и формирует разнообразные вторичные минералы по механизму гидролиза, то есть эволюция системы вода—базальты является геологически вечной.

Непрерывно растворяя базальтовые породы и накапливая в растворе разные элементы, вода обеспечивает последовательное их осаждение в виде серии новых минералов, что ведёт к непрерывному изменению состава раствора, а значит, и состава вторичных образований. При этом каждый минерал формируется из водного раствора строго определённого химического состава, который, меняясь во времени, обуславливает смену одного гидрогенно-минерального комплекса другим. Тем самым мы приходим к пониманию ведущей роли *фактора времени*, ответственного

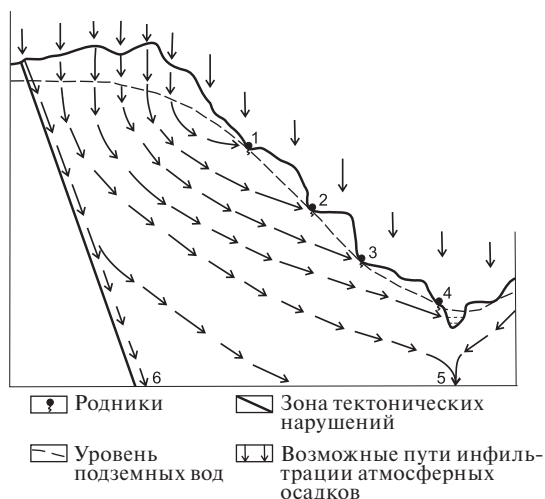


Рис. 1. Схема возможных путей движения инфильтрационных вод в базальтах

Цифрами обозначены некоторые варианты, описанные в тексте

за эволюцию системы вода—базальт: с течением времени состав воды и образуемый ею минеральный комплекс непрерывно меняются и усложняются, хотя исходная порода остаётся прежней [18].

Как это может происходить в реальных условиях, показано на схеме типового движения подземных вод на какой-либо территории с расчленённым рельефом (рис. 1). Представим себе горный массив, сложенный молодыми, достаточно пористыми базальтами, которые не покрыты никакими вторичными продуктами, то есть атмосферные осадки начинают взаимодействие непосредственно с базальтами. Поскольку рельеф, пористость, трещиноватость и другие параметры природных базальтов всегда неравномерны, каждая порция атмосферных осадков оказывается на разных путях движения. Часть дождевой воды проходит короткий путь и быстро попадает на дневную поверхность (см. рис. 1, родник 1), другие её доли совершают более длинные пути и выходят на поверхность в более низких местах (родники 2, 3, 4). Ещё одна часть дождевой воды оказывается на глубине, превышающей местный базис эрозии, и выходит на дневную поверхность значительно ниже по течению реки (путь 5). Наконец, часть атмосферных осадков может попасть в зону глубинного проницаемого тектонического разлома, мигрировать на большую глубину и, нагреваясь, формировать термальные воды, родники которых будут встречаться достаточно далеко от области питания, иногда даже в соседнем регионе (путь 6).

Разные траектории движения воды предполагают разное время взаимодействия с базальтами, а значит, формирование разных вторичных минералов на каждом отрезке движения воды

и различного её состава [14, 18]. На первых этапах взаимодействия образуются одни и те же вторичные минералы, например, гиббсит, гётит или каолинит. Если после этого вода покинет горную породу, другие вторичные минералы формироваться не будут, эволюция раствора закончится (рис. 1, родник 1). Но если вода в породах движется по другой трассе и эволюция продолжится, то чем более длительным будет взаимодействие, тем более поздние стадии эволюции будут иметь место — вплоть до образования гранитов [6, 14, 18].

Таким образом, вода, растворяя один и тот же тип исходной породы, способна обеспечить возникновение разных вторичных минералов, состав которых на разных глубинах, как и состав воды, неодинаков: чем глубже проникает вода, тем выше её солёность и тем более поздние стадии эволюции проходит система вода—порода, становясь сложнее. Последнее подтверждено многочисленными гидрогеохимическими [19] и литологическими данными [20]. Именно этим объясняется наличие разных типов гидрогеохимической зональности в земной коре: высотной, горизонтальной и вертикальной [21]. Но рассмотренные процессы не исчерпывают все механизмы усложнения системы вода—порода.

Механизмы добавочного усложнения в системе вода—порода. Благодаря постоянному участию в круговоротах вода периодически освобождается от накопленных солей в конечных бассейнах стока (озёрах, морях, океанах) и, перемещаясь на континент, начинает взаимодействие с горными породами с первых его этапов. Поскольку такой круговорот геологически длителен, то с течением времени базальты покрываются продуктами их переработки, и атмосферные осадки попадают не в базальты, а в коры их выветривания. Процесс взаимодействия воды с породой получает как бы обратное направление: если раньше вода взаимодействовала с минералами одного состава, то теперь система усложнилась и вода, двигаясь по тем же или близким траекториям (см. рис. 1), взаимодействует с разными вторичными минералами. Так что же меняется в этом случае?

Чтобы ответить на поставленный непростой вопрос, выберем перечень наиболее часто формируемых водой вторичных минералов, исходя из процессов, представленных на рисунке 1. Как нами показано ранее, взаимодействие воды с базальтами по механизму "растворение—осаждение" [7—12] приводит вначале к осаждению наиболее труднорастворимых минералов, которые постепенно сменяются всё более растворимыми [6, 13, 14, 18]. Поэтому, используя константы растворимости, можно составить ряд последовательности осаждения вторичных минералов [22]. Последовательность образования вторичных ми-

нералов несколько отличается в зависимости от химического типа воды [17, 18], но для упрощения возьмём наиболее распространённый вариант, характерный для нормальной температуры (для термальных вод ситуация будет несколько иной) [23]. Полученная последовательность образования вторичных минералов в процессе гидролиза базальтов показана на рисунке 2.

Поскольку поступающие из атмосферы дождевые воды неравновесны не только с эндогенными минералами, но и с образованными вторичными продуктами, они растворяют вначале вторичные продукты и, как показывают результаты наших исследований, достаточно быстро достигают с ними равновесия [22]. Поэтому к залегающим глубже невыветрелым базальтам поступает вода, отличающаяся по составу от атмосферных осадков, содержащая элементы, которые получены в результате растворения более ранних вторичных минералов. Данное обстоятельство оказывает огромное влияние на характер эволюции системы вода–порода, поскольку в этом случае в рассматриваемой системе обеспечивается образование вторичных минералов не первой, а более поздней стадии её эволюции. Такова суть процесса дополнительного усложнения: появление вторичных минералов обеспечивает продвижение эволюции в материнской системе на новые этапы. Поясним это с помощью рисунка 2.

При появлении вторичной минеральной фазы взаимодействие воды с теми же базальтами начинается не с точки А, как это было раньше, а с какой-то следующей точки, которая определяется характером равновесия, достигнутого водой при растворении вторичных минералов, например, точки В. В этом случае вода, предварительно проходя слой монтмориллонита, устанавливает с ним равновесие и, достигая поверхности базальтов, формирует не гиббсит или гётит, а дафнит, сидерит, биотит и др. Если атмосферные осадки выпадают, скажем, на альбитовые пески (см. рис. 2, точка С), достигнув поверхности базальтов, они будут формировать минералы ещё более поздних эволюционных стадий, то есть мусковит, флюорит, гипс и др.

Фактическая картина оказывается ещё более сложной, поскольку с глубиной растёт температура, увеличивается рН вод, уменьшается Eh, меняется парциальное давление растворённых газов, изменяется валентность многих элементов, идёт процесс восстановления сульфат-ионов и т. д. Для нас в данном случае важно только то, что вода, растворяя предварительно вторичные минералы, переводит систему на более поздние стадии её эволюции [10, 13, 16]. Тем самым мы выявляем ранее неизвестное явление. Его суть заключается в следующем: *в любой материнской си-*

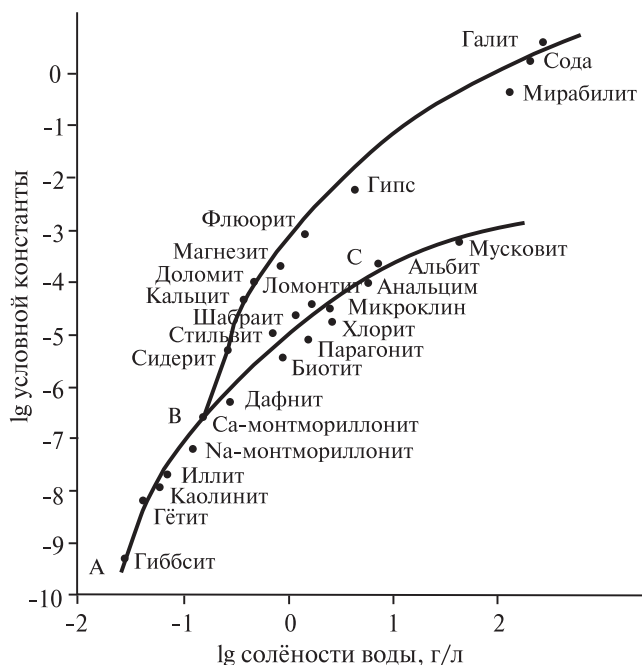


Рис. 2. Ориентировочная последовательность вторичного минералообразования

Условная константа — константа реакции, делённая на число активных компонентов, которые участвуют в реакции [22].

стеме, включающей воду и горную породу (например, вода–базальты) и формирующей дочерние системы (вода–вторичный минерал), растворение новыми порциями воды вторичных минералов по мере увеличения их числа обеспечивает получение системой непрерывного добавочного усложнения, которое в итоге приводит к переходу материнской системы на новый этап взаимодействия. Так становится возможной прогрессивная эволюция системы в целом.

Добавочное усложнение даже в неживой системе обусловлено тем, что формирующаяся дочерняя система не изолируется от материнской, а с новыми порциями воды включается в начавшийся ранее эволюционный процесс материнской системы. С течением времени число вторичных минералов и геохимических типов воды, ассоциацию которых мы назвали гидрогенно-минеральным комплексом [22], непрерывно растёт, обеспечивая постоянное добавочное усложнение и увеличивая ускорение эволюции системы [5, 14, 16]. Следовательно, уже в простой системе механизмы усложнения не только имеют место, но и носят достаточно сложный характер.

Из рисунка 3 видно, как после образования вторичных минералов атмосферные осадки вначале взаимодействуют с ними и только позже — с базальтами. Вода достигает поверхности базальтов после получения некоторого количества химических элементов, поэтому её солёность становится выше: при отсутствии вторичных минералов

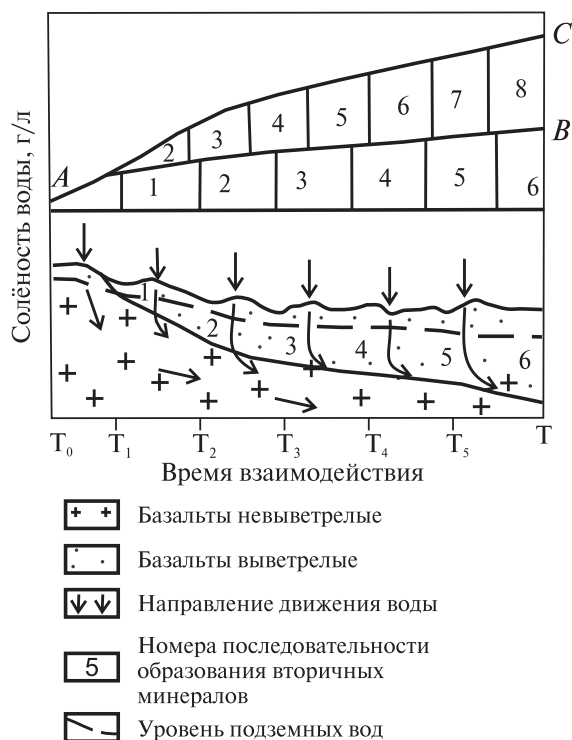
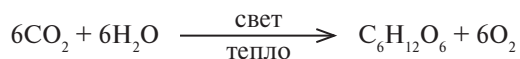


Рис. 3. Схематическое изображение добавочного усложнения системы вода—алюмосиликаты

она росла бы по линии АВ, а при их наличии — по линии АС. Разность этих двух линий солёности и составляет дополнительное усложнение раствора. На рисунке отражено и ещё одно важное явление, сопровождающее усложнение системы, — ускорение процесса эволюции: за одно и то же время, например T_2 , в первом случае образуется только один вторичный минерал, а во втором (при наличии вторичных минералов) — два. Рисунок показывает, что в дальнейшем ускорение эволюции только возрастает (подробно данный механизм рассмотрен в [5]). Но на этом ни усложнение, ни ускорение процессов эволюции не только не заканчиваются, а лишь начинаются.

Фотосинтез и добавочное усложнение. Появление на нашей планете примерно 2,5 млрд лет назад фотосинтеза обеспечило принципиально новый этап развития неживой материи. Если раньше H_2O и CO_2 совместно создавали только вторичные гидрогенно-минеральные комплексы, то фотосинтез положил начало образованию углеводов и O_2 по реакции



Важно подчеркнуть, что фотосинтез коренным образом изменил геохимическую ситуацию на Земле: появление O_2 и простых углеводов обеспечило серьёзную трансформацию разных геохимических сред, созданных эволюцией систе-

мы вода—порода—газ, в сторону их усложнения и окисления. Усложнение началось с водного раствора, в котором появились органические соединения и кислород, открывший эру окислительных процессов. Но наиболее важным было именно появление механизма созидания принципиально иных органических соединений.

Фотосинтез возможен только при усвоении 112 ккал/моль тепловой энергии, источником которой могло быть Солнце, но её преобразование в химическую энергию напрямую невозможно. Поэтому механизм фотосинтеза до сих пор до конца не изучен [24]. Различают световую и темновую стадии фотосинтеза. Нам представляется, что на первых этапах эволюции нашей планеты, когда ещё не было растений, фотосинтез мог быть только темновым и протекал в тонких порах глин. Почему именно глин? Дело в том, что в тонких капиллярах глинистых минералов вода обладает свойствами, отличными от свойств свободной воды: происходят существенное уменьшение диэлектрической проницаемости, увеличение вязкости, рост коэффициента самодиффузии, снижение температуры замерзания вплоть до $-70^\circ C$, увеличение плотности до $1,2\text{--}1,4\text{ г/см}^3$, а главное, свободная энергия такой воды значительно выше, чем воды в объёме [25].

Обобщая экспериментальные данные по свойствам волосных вод, известный специалист по физике воды Ю.П. Рассадкин пишет: "В малых порах молекулы воды, вступая в валентные связи с атомами и молекулами твёрдых веществ, образуют достаточно прочные соединения, которые вызывают сильную поляризацию окружающих молекул воды, увеличение их дипольного момента и, как следствие, перестройку жидкокристаллической структуры, существенное увеличение электрического поля, возрастание внутренней энергии и в конечном счёте запасённой колебательной энергии" [26, с. 131, 132].

Ещё более поразительные данные появились совсем недавно: в очень тонких порах размером $<1\text{ нм}$, близким к размеру молекулы воды, эта молекула коренным образом меняет свои свойства. Переходя в сильно "стеснённых" условиях в особое квантовое состояние, вода теряет дипольный момент, поскольку ионы водорода в этом случае располагаются не по одну сторону атома кислорода, как это наблюдается в обычной воде, а окружают его со всех сторон. Такая необычная вода теряет способность растворять минералы, хотя с ними взаимодействует [27].

Для воды тонких пор глин характерна высокая энергия, обеспечивающая рост не только константы её диссоциации, но и константы её разложения. Энергия образования такой воды достигает 37,7 ккал/моль [25]. Кроме того, необ-

ходимо учитывать, что в условиях ранней Земли, когда на планете не было свободного кислорода, его парциальное давление было очень низким, а давление водорода (P_{H_2}), наоборот, высоким, тем более в тонких капиллярах.

Из всего сказанного очевидно, что глины, связывая в процессе своего формирования большое количество воды, одновременно *переводят её на более высокий энергетический уровень и поэтому становятся носителями огромных запасов аккумулированной солнечной энергии*. Тем самым растворение базальтов и формирование глин на нашей планете положили начало новому механизму усвоения солнечной энергии — не путём нагревания тел, а путём перевода воды в тонких порах на более высокий энергетический уровень.

Вполне вероятно, что в воде тонких пор свободная и запасённая колебательная энергия настолько велика, что реакция фотосинтеза становится энергетически выгодной. Если это так, то мы находим ответ на вопрос, почему фотосинтез начался только через 2 млрд лет, а не сразу после образования планеты: потому что на планете ранее не было в достаточном количестве глин, а значит, и воды с высокой энергией. Другими словами, не было достаточно мощных толщ осадочных пород. Следовательно, образовавшиеся углеводы и свободный кислород могли на первых этапах фотосинтеза формироваться в условиях равновесия в тонких плёнках воды пор глинистых минералов. Но затем они мигрировали из таких пор в разные по своему геохимическому типу свободные воды, с которыми простые углеводы не были равновесными. Растворяясь в обычной воде, такие легко растворимые соединения встречались в ней с другими элементами, накопленными за счёт растворения базальтов и газов атмосферы. В числе таких элементов были N, P, S, K, Ca, Fe, Mg, Si и др. Всё это обеспечивало усложнение раствора и образование ранее отсутствовавших в данных средах органических и органо-минеральных соединений.

Среди новых образований могли быть аминокислоты, из которых строятся все белки, нуклеотиды, из которых синтезируются нуклеиновые кислоты, включая дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК), различные моно- и олигосахариды, липиды и, конечно, аденозинтрифосфаты (АТФ) и гуанозинтрифосфаты (GTP), разные ферменты и т. д. Никаких принципиальных запретов, делающих невозможным образование всех перечисленных органических соединений, не существовало. Более того, специалисты по молекулярной биологии считают, что названные органические соединения "в растениях, у подавляющего большинства микроорганизмов, в значительном числе случаев и у животных должны

синтезироваться из простых предшественников. Как правило, такие синтезы проходят в несколько стадий и, следовательно, в живых организмах должны в тех или иных количествах присутствовать все промежуточные соединения этих биосинтетических процессов" [28, с. 59].

Важно подчеркнуть, что образованные в результате фотосинтеза простые углеводы оказывались в разных по составу типах природных вод, которые были сформированы до появления фотосинтеза. Поскольку возникновение жидкой воды на Земле датируется не позднее 4,4 млрд лет [29], её взаимодействие с базальтами до фотосинтеза продолжалось около 2 млрд лет. Естественно, что за такой период времени на планете появились разные геохимические типы вод. Это разнообразие вод и послужило основанием для возникновения изначально разных органических соединений, то есть уже сразу после зарождения фотосинтеза на планете в принципе существовали условия, способствовавшие разнообразию формирующихся органических соединений.

Таким образом, появление простых углеводов в результате фотосинтеза положило начало эволюции новой системы — вода—органическое вещество, которая, однако, не изолировалась от системы вода—базальты, а, наоборот, возникла, развивалась и усложнялась на базе и в созданных ею условиях. Более того, без этой системы было невозможно само появление фотосинтеза. Именно наличие вторичных минеральных продуктов и разнообразной по составу воды обеспечило трансформацию простых углеводов в другие, более сложные типы органических соединений.

Итак, в обычной воде с началом фотосинтеза формируется равновесно-неравновесная система: вода неравновесна с поступающими в неё простыми углеводами и O_2 , но равновесна с образующимися в этих условиях более сложными органическими веществами. Новые органические соединения возникают не только из растворённых химических элементов, но и из самих молекул воды и их производных, то есть повторяется процесс, который наблюдается уже в системе вода—базальты, с тем отличием, что в данном случае он оказывается более многокомпонентным, а его результат — образование более сложных соединений. Поэтому и в этой системе главным фактором, определяющим направленность эволюции, выступает вода [30]. Причём доля воды в формируемых органических соединениях значительно больше, чем в минеральных, и она в большей мере влияет на их строение и структуру. Во многих из них доля воды и её производных превышает по весу 50%.

Система вода—органическое вещество развивается независимо от каких-либо внешних

факторов, поскольку обладает механизмом внутренней эволюции, который обеспечивает её целостность и внутреннюю обособленность от внешней среды, хотя из неё поступает вещество и энергия [9, 10]. Благодаря наличию внутренних механизмов система самостоятельно развивается в соответствии с законами термодинамики, контролирует направленность эволюции, скорость, последовательность и стадийность образования новых вторичных продуктов, их состав, соотношение элементов в растворе и твёрдой фазе, смену одного формируемого вещества другим и т. д. Геологическая длительность и непрерывность взаимодействия, невозможность одновременно установления равновесия раствора со всеми его реагентами определяют как общность, так и специфику её эволюции по сравнению с эволюцией системы вода—базальты.

Образовавшиеся более сложные органические соединения, как и вторичные минералы, оказываются в зоне действия круговорота воды. Поэтому часть их под влиянием новых порций воды растворяется, что приводит к усложнению раствора и, соответственно, появлению механизма добавочного усложнения по той же схеме, что и в системе вода—базальты (см. рис. 3), но только на более высоком по сложности уровне. Другими словами, усложнение этой системы также обусловлено двумя процессами: постоянным растворением простых углеводов с образованием всё более сложных органических соединений и дополнительным усложнением системы за счёт растворения ранее образованных органических веществ новыми порциями воды.

К сожалению, термодинамические данные для подавляющей части органических веществ отсутствуют, и мы пока не можем рассчитать их равновесие с водным раствором. Но достаточно очевидно, что все многочисленные органические соединения появляются только в условиях равновесия с тем водным раствором, который даёт им жизнь и который пронизывает все клетки и межклеточное пространство растущего соединения. Новые порции воды частично растворяют уже образованные соединения, приводя к возникновению (по механизму добавочного усложнения) ещё более сложных. Если, например, из простых углеводов ранее были сформированы аминокислоты, то почему не могут позже сформироваться белки, которые очень похожи по составу и структуре на аминокислоты, а вслед за белками — молекулы РНК и ДНК? Ведь предела усложнению нет, и эту линию можно продолжать бесконечно.

По мере эволюции процессов взаимодействия воды с органическим веществом на каждом новом этапе вода становится всё сложнее не толь-

ко по составу, но и по своей структуре. Во всех органических веществах она всегда находится в двух состояниях — свободном (вода в объёме) и связанном (в разных формах с конкретными её молекулами или непосредственно входит в состав молекул органических веществ). Такое распределение обеспечивает свободу перехода воды из одного состояния в другое при малейших изменениях строения органических молекул. Удивительно то, что конфигурация пустот кристаллической решётки воды способна меняться в зависимости от строения молекул возникающего органического соединения, которые свободно встраиваются в эти пустоты, сохраняя способность воды строить структуры с другими органическими молекулами, участвовать в химических реакциях и т. д. Существует и более радикальное мнение по этой проблеме. Так, Ю. В. Чайковский считает, что в органических веществах "структура воды определяет пространственную структуру макромолекул и организует их взаимодействие" [31, с. 402]. Такой же подход развивает и Ю. П. Рассадкин, который, обсуждая проблему воды в белках, пишет: "Вода, находящаяся в них, участвует не только в организации их пространственной структуры, но и активно воздействует на происходящие биологические процессы" [26, с. 679]. Нам представляется, что такой подход лучше объясняет имеющиеся факты: в каждом вторичном минеральном и органическом соединении имеется вода, и чем сложнее это образование, тем больше в нём воды (например, мозг содержит 75%, а кровь — 83% воды). Естественно, что именно вода определяет структуру этих соединений. На наш взгляд, структура воды задаёт тип расположения в ней атомов других элементов по законам квантовой механики, то есть с учётом их размера, строения, заряда, ионного потенциала, типа связей и взаимодействия атомов, деформационно-возбуждённого их состояния и т. д. Нет сомнения, что в основе усложнения окружающего мира лежат фундаментальные законы наномира. Такой подход пытаются развивать и некоторые философы [32].

Добавочное усложнение — нанofундамент прогрессивной эволюции. Появление живых организмов многократно усложнило механизм не только биологической эволюции, но и эволюции окружающего мира в целом, поскольку система вода—живое вещество не изолирована от более ранних косных систем, включая и систему вода—порода, с которой, например, тесно взаимосвязаны растения. Возникновение ранних растений было возможно только в водном растворе, который содержал химические элементы, заимствованные в основном из горных пород и атмосферы. Эти элементы, химически

взаимодействуя с простыми углеводами, формировали разные виды растений, устойчивые в конкретных геохимических средах. Такой процесс формирования ствола и кроны деревьев продолжается и сегодня. Природная вода, захватываемая корнями растений, образует ствол, кору, сучья, листья, цветы, плоды и т. д. Изменение состава воды обеспечивается опять же двумя механизмами: образованием в процессе фотосинтеза простых углеводов и превращением их в растворе в более сложные органические соединения, формирующие перечисленные выше части растения. Но имеется и ещё один механизм добавочного усложнения.

Как известно, отдельные части растений рано или поздно теряют связь с материнской системой и, отрываясь от неё, падают на землю и разлагаются. В процесс разложения вовлекаются растения и их сообщества. Мёртвые растения и их части сразу частично растворяются, образуя новые соединения, формируя лесную подстилку, разные типы почв, торф и т. д., которые начинают взаимодействовать с новыми порциями воды. Постепенно растворяясь, они трансформируют состав воды, участвующей в биологическом круговороте. Такая направленность процесса — результат нового более сложного взаимодействия очередных порций воды одновременно с первичными и вторичными минералами, разными органическими веществами, газами, почвами и другими компонентами ландшафта. Растения меняются потому, что меняются все компоненты ландшафта [33].

Рост сложности приводит к порядку, самоорганизации, формированию диссипативных структур, которые в ходе своего образования аккумулируют энергию, уменьшают энтропию и поэтому способны к прогрессивной эволюции [15, 34]. Животные и человек, в отличие от растений, питаются не только водой, но и растительной и мясной пищей, которая неравновесна со средой живого организма и не может усваиваться без предварительного перевода в растворённое состояние. У животных эту функцию выполняет специальная система — желудочно-кишечный тракт. Только в растворённом состоянии ионы и молекулы поступают непосредственно в организм, у теплокровных животных — в кровь. В конечном счёте любой живой организм, подобно растениям, получает пищу только в растворённом виде, что создаёт основу развития процессов дальнейшего усложнения организма. Важно также то, что животные и люди употребляют продукты деятельности не только ранней природной воды (водоросли, травы и т. д.), но и последних стадий, которые отличаются максимальным усложнением и созданы водой сложного состава (например, мясо).

Одно из наиболее поздних и сложных образований — кровь, продукт эволюции системы вода—порода—газ—живое органическое вещество. Основа крови — вода (77–82%), в которой минеральные вещества составляют только 1,2–1,6%, а органические — 16,8–23,4%, то есть количество растворённых органических соединений превышает 200 г/л [35]. В такой сложной биохимической среде формируются ещё более сложные образования — органы животных и человека (сердце, лёгкие, почки, печень, кожа, мышцы, кости, мозг и т. д.), содержащие, кроме костей и жира, 75–83% воды. Дополнительное усложнение и здесь играет ведущую роль.

Таким образом, в организме человека непрерывно протекают тысячи реакций синтеза сложных органических молекул из более простых предшественников, поступающих из внешней среды: подавляющая часть минеральных предшественников — с водой, органических — с водой и твёрдой пищей. По мере переваривания пищи происходит разложение сложных химических соединений на более простые: белки разлагаются на аминокислоты, жиры — на жирные кислоты и глицерин, сложные углеводы — на моносахариды и т. д. Это необходимо для того, чтобы более простые соединения могли в крови взаимодействовать с уже имеющимися соединениями. Всё, что не может быть переварено, выбрасывается наружу во внешнюю среду. Поступающие в кровь дополнительные вещества ещё больше усложняют её состав, обеспечивая новый этап усложнения, а значит, и синтеза органов человека. Ведь организм человека формируется постоянно в течение всей жизни. Например, волосы и ногти растут непрерывно, эритроциты живут только 2–3 месяца, клетки кожи — всего 7 дней.

Чрезвычайно важно, что в условиях ограниченного объёма в местах, расположенных близко друг к другу, возникают разные точки нуклеации, в которых достигается равновесие с разными органическими соединениями и обеспечивается их формирование. Такое возможно только в равновесно-неравновесных условиях, определяющих стабильность системы на разных её уровнях. Именно равновесие со средой (кровью) делает появляющиеся зародыши новых веществ исключительно устойчивыми, способными к длительному росту, сохранению и стабильности.

Итак, во всех главных системах (царствах) планеты — минеральной, растительной и животной — действуют одни и те же принципы эволюции и усложнения, обусловленные одними и теми же причинами и механизмами. Основным созидательным и связующим компонентом этих систем выступает вода, буквально пронизывающая все их составляющие. В условиях внутренне

противоречивого равновесно-неравновесного состояния вода непрерывно растворяет любые более простые соединения — минеральные, органические, органо-минеральные и др., с которыми она неравновесна, и, усложняясь, синтезирует принципиально новые соединения, равновесные со средой. Общность всех систем заключается и в том, что новые вторичные продукты образуются из водных растворов, хотя и принципиально разной сложности. Благодаря своим уникальным свойствам вода обеспечивает непрерывный переход эволюции из мёртвой материи в живую. Такой переход — не механическая передача функций от материнской системы к дочерней, а глубокое усложнение состава и структуры системы путём коренного преобразования всех её звеньев при сохранении механизмов усложнения.

Наличие общих принципов, механизмов и ведущих факторов эволюции живых и косных систем свидетельствует о наследовании механизмов усложнения от косной материи к живой, что обеспечивает генетическую общность живого с неживым [36]. Добавочное усложнение имеет место не только в каждой из рассмотренных выше ведущих систем окружающего мира, но и носит межсистемный характер: любая более ранняя система служит базой для усложнения последующей. Поэтому новейшая система вода—живое органическое вещество—газ опирается на все предыдущие, включая и систему вода—горная порода. Человек не ест камень, но он пьёт воду, которая содержит полученные из камня различные компоненты органических веществ, атмосферы, сложных органо-минеральных комплексов и т. д. С пищей человек также получает весь необходимый набор не просто различных химических элементов, а их сложных соединений, комплексов, сформированных в результате эволюции более ранних систем, включая белки, углеводы, липиды, витамины, нуклеиновые кислоты, ферменты. Иными словами, идёт непрерывное усложнение всех компонентов системы В.И. Вернадского [37] — воды, породы, газов, мёртвой органики и живых организмов. Тем самым создаётся дополнительный механизм эволюции каждой системы, включая и самую первую: под влиянием органического вещества формируются новые минералы, горные породы, газы и т. д.

Следовательно, глобальная эволюция обусловлена непрерывным растворением любых простых соединений, с которыми вода неравновесна, и образованием более сложных. Участие воды в круговороте обеспечивает растворение как тех, так и других, тем самым делая возможным дополнительное усложнение системы. Этот процесс бесконечен и приводит к возникновению всё более сложных систем и общему усложнению всего окружающего мира.

* * *

Великая созидательная сила воды обусловлена её удивительной способностью непрерывно растворять одни соединения и создавать новые, более сложные, а также её свойством совершать геологически вечные круговороты в течение всей истории планеты. Эта созидательная сила нелинейно возрастала благодаря включению в процесс всё большего количества вторичных, формируемых водой соединений. Возникающее таким образом непрерывное усложнение получило название "эволюция". По Р. Докинзу, все результаты эволюции — плод многочисленных этапов разложения и синтеза не одной тысячи постоянно усложняющихся разнообразных соединений [1].

Вся история эволюции — процесс напластования сложностей, которые связаны между собой не механически, а генетически. В каждом последующем пласте имеются отдельные структурные элементы всех предыдущих. В первую очередь это новые виды и типы воды, которые пронизывают и пропитывают все сложные образования, ею созданные. Исток эволюционного усложнения кроется в несовместимости состава и структуры воды вначале с базальтами, а позже — с вторичными соединениями, продуктами предшествующих этапов растворения. Любая сложность возникает через водный раствор, и только с появлением разума и ноосферы человек научился создавать сложности разными способами, хотя во многих отраслях производства (здравоохранение, фармакология, сельское хозяйство, рыбоводство, лесоводство, пищевая промышленность и т. д.) водный этап необходим для получения результатов. Тот факт, что ведущий природный путь эволюции до сих пор малоизучен, приводит к многочисленным экологическим проблемам, когда человек действует не в унисон с природой. Надеемся, что наши исследования будут способствовать преодолению этого разрыва.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 17-17-01158.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докинз Р. Самое грандиозное шоу на Земле. Доказательства эволюции. М.: Астрель: Corpus, 2013.
2. Моисеев Н.Н. Расставание с простотой. Путь к очевидности. М.: Изд-во АГРАФ, 1998.
3. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода—порода. Т. 1. Система вода—порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.

4. *Поспелов Г.Л.* Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск: Наука, 1973.
5. *Шварцев С.Л.* Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода–горная порода и её внутренняя геологическая эволюция // *Литосфера*. 2008. № 6. С. 3–24.
6. *Shvartsev S.L.* The basic contradiction that predetermined the mechanisms and vector of global evolution // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2015. V. 85. № 4. P. 342–351; *Шварцев С.Л.* Основное противоречие, определившее механизмы и направленность глобальной эволюции // *Вестник РАН*. 2015. № 7. С. 632–642.
7. *Helmann R., Penisson J.-M., Hervig R.L. et al.* An EFTEM/HRTEM high-resolution study of the near surface of labradorite feldspar altered at acid pH: evidence for interfacial dissolution-reprecipitation // *Phys. and Chem. of Minerals*. 2003. V. 30. P. 192–197.
8. *Zhang L., Lüttge A.* Theoretical approach to evaluating plagioclase dissolution mechanisms // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 2009. № 10. P. 2832–2849.
9. *Zhu Ch., Lu P., Zheng Z., Ganor J.* Coupled alkali feldspar dissolution and secondary mineral precipitation in batch systems: 4. Numerical modeling of kinetic reaction paths // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 2010. V. 74. P. 3963–3983.
10. *Lu P., Konishi H., Oelkers E., Zhu Ch.* Coupled alkali feldspar dissolution and secondary mineral precipitation in batch systems: 5. Results of K-feldspar hydrolysis experiments // *Chin. J. Geochem.* 2015. V. 34. P. 1–12.
11. *Putnis A.* Mineral replacement reactions: from macroscopic observations to microscopic mechanisms // *Mineral. Magaz.* 2002. V. 66. P. 689–708.
12. *Harlow D.E., Wirth R., Hetherington C.J.* Fluid-mediated partial alteration in monazite: the role of coupled dissolution in element redistribution and mass transfer // *Contrib. to Mineral. and Petrol.* 2011. V. 162. P. 329–348.
13. *Shvartsev S.L.* The internal evolution of the water-rock geological system // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2012. V. 82. № 2. P. 134–142; *Шварцев С.Л.* Внутренняя эволюция геологической системы вода–порода // *Вестник РАН*. 2012. № 3. С. 242–251.
14. *Shvartsev S.L.* Evolution in nonliving matter: nature, mechanisms, complication, and self-organization // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017. V. 87. № 6. P. 518–526; *Шварцев С.Л.* Эволюция в неживой материи — природа, механизмы, усложнение, самоорганизация // *Вестник РАН*. 2017. № 12. С. 1091–1100.
15. *Shvartsev S.L.* Self-organizing abiogenic dissipative structures in the geologic history of the earth // *Earth Sci. Frontiers*. 2009. V. 16. № 6. P. 257–275.
16. *Shvartsev S.L.* How do complexities form? // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2014. V. 84. № 4. P. 300–309; *Шварцев С.Л.* Как образуются сложности? // *Вестник РАН*. 2014. № 7. С. 618–628.
17. *Shvartsev S.L.* Where did global evolution begin? // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2010. V. 80. № 2. P. 173–182; *Шварцев С.Л.* С чего началась глобальная эволюция? // *Вестник РАН*. 2010. № 3. С. 235–244.
18. *Shvartsev S.L.* Unknown mechanisms of granitization of basalts // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2016. V. 86. № 6. P. 513–526; *Шварцев С.Л.* Неизвестные механизмы гранитизации базальтов // *Вестник РАН*. 2016. № 12. С. 1106–1120.
19. *Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия. М.: Недра, 1993.
20. *Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция* / Под ред. Ю.Г. Леонова, Ю.А. Воложа. М.: Научный мир, 2004.
21. *Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швеи В.М.* Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2012.
22. *Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др.* Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода–порода. Т. 2. Система вода–порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007.
23. *Plyusnin A.M., Zamana L.V., Shvartsev S.L. et al.* Hydrogeochemical peculiarities of the composition of nitric thermal waters in the Baikal rift zone // *Rus. Geol. and Geoph.* 2013. V. 54. № 5. P. 495–500; *Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л. и др.* Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // *Геология и геофизика*. 2013. № 5. С. 647–664.
24. *Комиссаров Г.Г.* Фотосинтез: физико-химический подход // *Химическая физика*. 2003. № 1. С. 24–54.
25. *Shvartsev S.L.* Bound water as an accumulator of solar energy in supergene clays // *Russ. Geol. and Geophys.* 2003. V. 44. № 3. P. 233–239; *Шварцев С.Л.* Связанная вода — аккумулятор солнечной энергии в глинах гипергенного генезиса // *Геология и геофизика*. 2003. № 3. С. 233–239.
26. *Рассадкин Ю.П.* Вода обыкновенная и необыкновенная. М.: Галерея СТО, 2008.
27. *Kolesnikov A.I., Reiter G.F., Choudhury N. et al.* Quantum Tunneling of Water in Beryl: A New State of the Water Molecule // *Physical Review Letters*. 2016. V. 16. P. 116.
28. *Кнорре Д.Г., Мызина С.Д.* Биологическая химия. Изд. 4-е, перераб. и доп. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012.
29. *Khain V.E.* The interaction between the atmosphere, the biosphere, and the lithosphere is the most important process in the Earth's development // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2007. V. 77 № 5. P. 470–473; *Хаин В.Е.* Взаимодействие атмосферы, биосферы и литосферы — важнейший процесс в развитии Земли // *Вестник РАН*. 2007. № 9. С. 794–797.

30. *Shvartsev S.L.* Water as the main factor of global evolution // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2013. V. 83. № 1. P. 124-131; *Шварцев С.Л.* Вода как главный фактор глобальной эволюции // Вестник РАН. 2013. № 2. С. 124-131.
31. *Чайковский Ю.В.* Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.
32. *Andreev I.L.* The aquatic nanofoundation of human life and health // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. V. 87. № 1. P. 75-82; *Андреев И.Л.* Водный наноплатформенный фундамент жизни и здоровья человека // Вестник РАН. 2017. № 2. С. 145-153.
33. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999.
34. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
35. *Берёзов Т.Т., Коровкин Б.Ф.* Биологическая химия. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Медицина, 1998.
36. *Krylov M.V.* Evolutionary commonality of nonliving nature and living organisms // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. V. 87. № 3. P. 249-255; *Крылов М.В.* Эволюционная общность неживой природы и живых организмов // Вестник РАН. 2017. № 5. С. 441-448.
37. *Вернадский В.И.* История природных вод / Под. ред. С.Л. Шварцева, Ф.Т. Яншиной. М.: Наука, 2003.

THE MAIN THEORIES OF ADDITIONAL COMPLICATIONS IN THE EARTH'S BIOSPHERE

© 2019 S.L. Shvartsev

*Tomsk Branch of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of SB RAS, Tomsk, Russia
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

E-mail: tomsk@ipgg.sbras.ru

Received 15.11.2018

Revised version received 15.11.2018

Accepted 28.04.2019

Evolution is an important topic for science in general and has been the main concern of many scientists for several decades. One reason for this continued interest is that science is yet to disclose the creative role that water plays in the formation of the outer shell of the Earth, determined by its antagonistic relationship with basalts and with the simple products of photosynthesis. Nonequilibrium is the main state in all evolutionary processes, ensuring the creation of new equilibrium formations with the environment. However, the water cycle, which continuously determines the flow of new water to systems breaking equilibria, produces an additional complication, leading to the constant acceleration of the evolution of the structure that characterized by V.I. Vernadsky as "water-rock-gas-organic matter (animate and inanimate)". Water provides a unity of the behavior of inert material and living matter.

Keywords: evolution, additional complication, equilibrium-nonequilibrium state, photosynthesis, antagonistic contradiction, the formation of complexes.