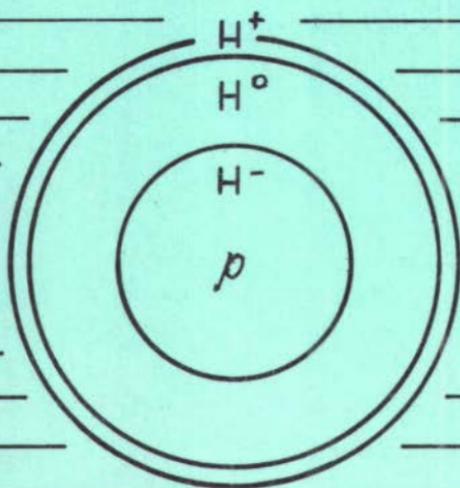


ВОДОРОД ЗЕМЛИ



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Геолого-геофизический факультет

В. И. Молчанов, В. В. Параев,
С. Л. Осипов, Ю. И. Лагутин

ВОДОРОД ЗЕМЛИ

Методические указания

Новосибирск

1994

В методических указаниях рассматривается вопрос о роли водорода в геологической истории, в развитии живого и косного вещества Земли. Результат появления планеты и ее становление оценивается как predetermined заданность направленного развития Вселенной. Обсуждаются вопросы материально-энергетического обеспечения развития природных систем и геологических процессов, в основе чего лежит водород, ядро которого представляется как некий "генетический код", начальный "кирпичик" всего мироздания.

Подчеркивается особое положение природного оксида водорода — воды и ее роль в ходе глобальных геологических процессов.

Предназначено для специалистов, занимающихся проблемами геодинамики, глобальных геологических процессов, студентов геологического факультета, для широкого круга читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геологическая наука наших дней переживает своего рода ренессанс: вновь возродился интерес к глобальным проблемам теоретической геологии, снова обсуждаются вопросы образования нашей планеты, ее внутреннего строения и динамики геологических процессов планетарного масштаба. На смену гипотезе дрейфа континентов пришла концепция глобальной тектоники литосферных плит; вместо контракции земного шара обсуждаются гипотезы пульсационного ритма Земли или расширяющейся Вселенной; теория изостазии пополнилась материалами о корнях гор и наращивании континентов снизу по мере их денудации сверху; место геотуморов заняли представления о срединных океанических хребтах и поднятиях океанической коры; в геологию прочно вошли понятия спрединга и субдукции... Появились новые книги о глобальных петрологических процессах, геодинамике планеты, складчатых поясах, охватывающих всю Землю, "холодной" или "горячей" планете, грандиозных катастрофах на Земле и др.

Вопросы теоретической геологии обсуждаются с привлечением новых и новейших сведений из смежных наук и по обобщенным данным геологических исследований как суши, так и морского дна.

В то же время в новых работах по теоретической геологии имеются и серьезные упущения.

Во-первых, внимание исследователей приковано к глобальной геодинамике и сосредоточено главным образом на перемещении и породных масс или петрологическом изменении и минеральных образований, что значительно сужает смысл понятия развита; это понятие более емкое и включает в себя все нюансы движения материи как проявления развития живого и косного вещества Земли.

Во-вторых, бросается в глаза зияющий разрыв в рассуждениях: формирование планеты рассматривается в отрыве от ее геологической истории, хотя это только отдельные этапы единого процесса развития вещества Земли.

В-третьих, в геологической литературе не сформулировано понятие направленности геологических процессов в части упорядоченности строения планеты в целом и ее частей.

В-четвертых, основное внимание сосредоточено на кинематике глобальной тектоники, рассматривается само движение, как пра-

вило, без анализа его энергетики. Энергетические основы геотектоники, движущие силы и механизм геологических процессов в большинстве случаев отодвинуты на второй план.

Нельзя сказать, что энергетические основы геодинамики оставлены без внимания, но почему-то предпочтение отдается энергии радиационного распада и силам гравитационного взаимодействия, именуемых порой гравитационной энергией. В некоторых случаях под гравитационной энергией, движущей геологическими процессами, понимается даже потенциальная энергия положения поднятого тела /31/. Естественно, что гравитационная дифференциация протопланетного вещества Земли сопровождалась выделением энергии. Однако силы взаимного притяжения совершают работу (с выделением тепла) лишь до слияния сближающихся частиц в одно целое. После этого гравитационные силы работы не совершают, тепла не производят и не могут служить источником энергии, так как сила, приложенная в направлении, исключающем перемещение, работы не производит.

Если гравитационную энергию понимать как потенциальную энергию положения тела /31/ (например, камень на горе), то геологическая работа, совершаемая при скатывании камня с горы, есть овеществленный труд Сизифа, а не работа гравитационной энергии. В общем случае гравитационные силы, участвующие в разрушении гор, проявляются только потому, что некоторый источник энергии совершил работу п р о т и в с и л г р а в и т а ц и и и воздвигнул горы.

Энергия радиоактивного распада, с которой иногда целиком связывают теплогенерацию в земной коре, имеет серьезную альтернативу и вряд ли играет столь существенную роль в энергообеспечении глобальных геологических процессов, захватывающих и мантию, и ядро.

Мы считаем, что в недрах Земли имеется достаточно много других источников тепловой энергии, по своим мощностям вполне соответствующих масштабам работы в геологических процессах, плюс солнечная энергия, падающая на Землю. Кроме того, имеются принципиальные возражения против прямого сопряжения "тепловая энергия - механическая работа геотектоники - энергетическая основа развития по превращению косного вещества в живое существо".

1. Тепловая энергия, а точнее нагревание вещества, способствует разупорядочению его строения в направлении от твердого

кристаллического к жидкому состоянию и далее – к газовому и плазменному. Геология же изучает упорядоченные структуры и естественные процессы структурирования природных объектов.

2. Чтобы тепловая энергия земных недр преобразовалась в механическую энергию, обеспечивающую движение литосферных плит или орогенез, требуется некое рабочее тело, способное принять тепловую энергию нагревателя, передать энергию рабочим органам и сбросить остаток холодильнику. Согласно второму закону термодинамики, работа совершается только при перетекании рабочего тела от нагревателя к холодильнику. Следовательно, наличие источника тепловой энергии в недрах еще не решает вопросов механики глобальных геологических перемещений породных масс: нужны еще рабочее тело и холодильник, а главное – их связь.

3. Источники тепловой энергии "так просто" не могут служить основой развития от химических элементов и их соединений к сложным минеральным образованиям и далее к органическим веществам, к жизни и, наконец, к разуму.

Высказанные положения заставляют искать "непростое" объяснение развития живого и косного вещества Земли, основанное на ее источниках энергии.

В работе /31/ планета Земля рассматривается как тело, которое стремится к устойчивому состоянию, при котором сумма – "потенциал Гиббса + гравитационная энергия" стремится к минимуму. В геологической литературе последних лет укоренился принцип минимизации свободной энергии (потенциала Гиббса). Под этот принцип разработан ряд программ и алгоритмов, дающих вполне удовлетворительные результаты расчетов.

Однако правильнее было бы считать, что Земля как единая термодинамическая система и разрывающиеся на ней частные системы живого и косного вещества стремятся не к минимуму свободной энергии, а к максимальному увеличению своей внутренней энергии. Система получает извне некоторое количество тепловой энергии. Часть полученной энергии превращается в свободную энергию и совершает внешнюю работу. Разность между полученной энергией и отданной в виде внешней работы идет на увеличение внутренней энергии системы. Естественно, чем меньше система отдаст, тем больше ей останется для внутреннего развития. В этом, чисто арифметическом смысле принцип минимизации свободной энергии правильно отражает закон развития в природе. Но минимум сво-

бодной энергии и внешней работы не может падать до нуля, так как ноль означает физическую смерть системы, а ноль свободной энергии системы Земля означает конец света.

Таким образом, закон развития природных систем следует формулировать как принцип максимального увеличения внутренней энергии системы за счет минимизации свободной энергии (и внешней работы), но при условии, что минимум внешней работы является необходимым и достаточным для существования данной системы в ряду других природных систем. Минимизация свободной энергии есть средство, а цель — максимальное увеличение внутренней энергии.

Этому закону подчиняется и Земля как система в целом, и все термодинамические системы, функционирующие на ней. Отсюда стремление всех земных систем как минимум к изодинамическим (изоэнергетическим) циклам, при которых изменение внутренней энергии равно 0, а как максимум к такому режиму, который обеспечивал бы прирост внутренней энергии.

Прирост внутренней энергии системы выражается как экстенсивное увеличение (рост кристалла или организма), так и через интенсификацию внутренних процессов, в частности усиление функций системы, упорядоченности ее строения, саморазвития, самосовершенствования и т.п.

Этот закон увеличения внутренней энергии за счет минимальных затрат на внешнюю работу и есть главная причина развития живого и косного вещества Земли и планеты в целом.

Изоэнергетический режим выживания системы есть алгоритм мозаичности. Он свойствен неживой природе и унаследован живыми организмами в виде инстинкта самосохранения. Как минимум не уменьшать запас внутренней энергии, а лучше обеспечить ее прирост.

Минимум свободной энергии и внешней работы системы должен быть необходимым и достаточным для существования данной системы как составного элемента в ряду других сопряженных систем или зависимых субъектов. Саморегуляция природных процессов имеет место на уровне взаимодействия природных систем — это существенная поправка и дополнение основного закона развития живого и косного вещества Земли. (Мы вынуждены оставить без детального освещения фискальные и репрессивные механизмы регулирования взаимоотношений природных систем, так как данный раздел велик по объему и нуждается в специальном рассмотрении, не входящем в наши планы по данной работе.)

В следующем ниже изложении предмета наших исследований мы преднамеренно избегаем сложного и многословного определения закона развития вещества Земли и пользуемся уже привычным принципом минимизации свободной энергии. Мы пользуемся принятой терминологией, но, применяя ее, подразумеваем приведенное выше более сложное определение закона развития природных систем. Обращаем внимание читателя на следующее: для минеральных систем принцип минимизации свободной энергии в том виде, в каком он уже применяется, почти достаточен для определения пути развития системы, но для анализа более динамичных, например живых, систем он окажется явно недостаточным.

Данная работа – одна из первых попыток разработки главного закона природы, определяющего причины и пути развития живого и косного вещества Земли. Анализ энергетических основ и движущих сил глобальных геологических процессов основан на систематизировании и новом осмысливании вопросов формирования планеты и свойств материи.

Работа выполнена в Объединенном институте геологии, геофизики и минералогии СО РАН по личной инициативе авторов в рамках программы, получившей материальную поддержку из фонда Сороса.

I. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА

Наша концепция понимания сущности поднимаемого вопроса о роле водорода Земли исходит прежде всего из общих целей и задач геологии как одного из разделов естествознания и опирается на существующие знания, представления и понятия о реальном мире.

Приступая к обсуждению главной проблемы, мы не можем пренебречь некоторыми рассуждениями общего плана, которые лежат в основе нашей концепции и принципиально ее поясняют.

Необходимо отдельно выделить исходные теоретические позиции, общие представления о понятиях "изменение" и "развитие", а также выяснить главные факторы, определяющие преобразования природных систем и их направленность. Особо акцентируется внимание на вопросах направленности развития Вселенной, связанное с ее расширением и дифференциацией материи, результатом которого стало рождение и становление Земли.

I.1. Исходные теоретические позиции

1. Цель геологии (как и всякой другой науки) – стремление к объективной истине об окружающем мире и реальных явлениях. В конечном счете она связана с происхождением и историей Земли, ее строением и составом, образованием и последовательным развитием во времени и пространстве, представлением о слагающих ее горных породах и полезных ископаемых, развитием органической жизни на Земле.

2. За отправную точку в принципиальной схеме наших рассуждений взято понятие материи, как субстрат всех существующих свойств, связей, отношений и форм движения. Оно включает два известных вида материи: вещество, входящее в основу природных объектов и систем, которое обладает массой покоя, не равное нулю, и различные физические поля и излучения, не обладающие массой покоя.

3. Знания об окружающей природе базируются на понятии о ее структурности как неотъемлемом атрибуте всех реально существующих объектов. Все они обладают структурой, которая служит формой организации материальной системы, выступающей как единство устойчивых, закономерных взаимосвязей между ее элементами.

4. Согласно общепринятой гипотезе А.Эйнштейна трехмерное пространство и одномерное время образуют четырехмерное множество – Вселенную. Состояние материи и все явления природы (в том числе земные) обусловлены и протекают в рамках "общего поля" четырех фундаментальных взаимодействий – гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого.

5. Водород – самый распространенный элемент Вселенной. Его ядро – протон по закону сохранения барионного заряда (разность между числом барионов и антибарионов) характеризуется наибольшей стабильностью. Экспериментальная оценка времени жизни протона дает значение около 10^{32} лет. Время существования Вселенной во много раз меньше – примерно 2×10^{10} лет.

Протон как основная фундаментальная частица, входящая в атомы всех известных элементов, рассматривается нами в роли главного строительного кирпичика материи.

1.2. Общие представления о развитии и его направленности

Прежде чем говорить о геологическом развитии Земли, мы должны пояснить свою позицию по отношению к пониманию термина "развитие", как оно соотносится с понятием "изменение", каков ход этого развития и его природа, выступает ли оно в виде векторной характеристики или несет в себе признаки скалярности.

Понятия "изменение", "развитие", "направленность" лежали еще в самом начале борьбы различных воззрений натуралистов о ходе развития природы между нептунистами и плутонистами, а в дальнейшем в споре катастрофистов со сторонниками униформистского учения. Через эти понятия Е.Кювье обосновывал свои "Рассуждения о переворотах на поверхности земного шара", Ч.Лайель заложил их в "Принципы геологии", а еще позднее, используя их, Ч.Дарвин в "Происхождении видов" провозгласил победу эволюционизма. Сегодня в развитии теоретической геологии они также занимают первостепенное значение, но понимаются нами через представление о "движении".

По учению диалектического материализма материя как субстанция всех систем и свойств реального мира существует в различных формах движения, которое охватывает все происходящее во Вселенной изменения и процессы начиная от простого перемещения и кончая мышлением. Различаются шесть главных форм движения (механи-

ческое, тепловое, электромагнитное, ядерное, химическое, биологическое), которые наряду со своей индивидуальностью обладают способностью к взаимному превращению и неразрывно связаны с основными формами существования материи – временем и пространством. В этом контексте "изменение" представляется как всякое движение и взаимодействие, переход из одного состояния в другое, охватывает количественные и качественные трансформации различных природных систем и явлений. Стремление материи от чего-то к чему-то (от простого к сложному), выразившееся в значительном ее изменении во времени, рассматривается как развитие.

Значительно сложнее обстоят дела в отношении понимания направленности. Чем она определяется, как ее распознать и обозначить, в чем ее суть и какова ее природа – все это служит предметом нашего рассмотрения. Сама постановка вопроса о наличии направленности развития природы наиболее четко обозначилась в дискуссии катастрофистов и униформистов. Катастрофисты среди основных движущих сил в истории Земли главную роль отводили периодически совершающимся переворотам, во время которых действовали особенно грандиозные по своей мощности геологические силы, резко отличающиеся от современных. Именно они обуславливали быструю перестройку облика Земли – поднятие горных систем, опускание континентов, вымирание видов животных и растений с последующим обновлением их состава. Однако кардинальный вопрос о причинах таких внезапных и мощных катастроф оставался без ответа. Не находило своего объяснения и понимание хода природных процессов, обладающих столь громадным запасом энергии.

В основу униформистского учения был заложен принцип познания прошлого через современность. Впервые наиболее четко он был сформулирован Ч.Лайбелем при решении проблемы соотношения современных природных сил с силами прошлого и заключался в их сходстве. Вместо внезапных катаклизмов признается постепенность геологических процессов на протяжении длительного времени, т.е. вводится новый могучий фактор – время, которое имеется у природы в неограниченном количестве. Делается вывод о неизменных и постоянных законах, действующих в природе, формируется принцип однообразия (*principle of uniformity*), по которому все геологические и биологические процессы рассматриваются как непрерывные.

Схоластическое использование этого принципа отвергало прогресс в любой форме, в том числе и в органическом мире, поскольку однообразный ход изменения природной системы исключал всякое усовершенствование. Однако успешное решение проблемы биологического прогресса однозначно провозглашало направленность развития от низшего к высшему и однозначно отвергало главенствующую роль принципа однообразия.

Дальнейшее выявление определяющей роли принципа направленного развития живой и неживой природы обнажило новый ряд вопросов, связанных с оценкой движущих сил этой направленности и их происхождения.

1.3. Факторы, определяющие направленность развития природных систем

Множеству природных объектов присущи два основных, но вместе с тем противоположных и взаимоисключающих состояния, которые образно называют состояниями порядка и беспорядка в природе. Независимо от масштаба материальным системам присуща универсальность непрерывного процесса их упорядочения или разупорядочения. По своей природе они напоминают автоволновые, т.е. самоподдерживающиеся процессы, которые протекают в таких активных средах, где есть источник вещества и энергии. Борьба этих противоположностей служит причиной возникновения или разрушения природных систем.

Наблюдаемые природные процессы выветривания, денудации ведут к разупорядочению вещества и с позиций термодинамики стремление к хаосу кажется наиболее энергетически выгодным. Однако в реальном мире наблюдаются материальные системы, чья организованность не только не упрощается, но и усложняется. Более того, геология изучает упорядоченные объекты (например, минералы) и процессы упорядочения в природе. Например, формирование нашей планеты из хаоса газопылевого облака (протозвещества) шло с обособлением ядра, мантии, с вычленением земных оболочек, различающихся по химическому составу, агрегатному состоянию и физическим свойствам, как составных элементов единой устойчивой системы. Последующий процесс внутреннего преобразования геосфер (особенно заметно проявившихся в осадочной оболочке Земли и биосфере) и са-

мой планеты также происходит путем взаимного изменения форм, непрерывной дифференциации и перераспределения вещества.

Сущность таких процессов наглядно прослеживается в спонтанном образовании породно-минеральных обособлений в земной коре как упорядоченных пространственно-временных структур в виде различного типа формаций. Их самоорганизация полностью подчиняется принципам, которые управляют переходами типа порядок - беспорядок - новый порядок. Спонтанное образование осадочных формаций - это многоэтапный процесс превращений в экзогенных условиях различного вида внешней энергии со многими степенями свободы (как естественный отбор в органическом мире) в энергию химических реакций, изменения температурных градиентов и давлений, перераспределения вещества и т.д. Его главный принцип, как и принцип Ле-Шателье, выражается в том, что если на систему, пребывающую в близком к равновесному состоянию, оказывается какое-либо воздействие, то в ней активизируются такие процессы, которые направлены на самосохранение системы путем уменьшения и нейтрализации этого воздействия. В этом плане образование осадочных формаций представляет собой автоматический или самоподдерживающийся процесс, при котором "выживают" лишь комбинации, выгодные с позиций вероятностного состояния как для исходных элементов в отдельности, так и для конфигурации всей структуры их совместного существования.

Мера состояния системы выражается через изменение количества и качества ее внутренней энергии и энтропии. Чем сложнее и совершеннее становится структура системы (ее упорядоченность и организация), тем выше запас ее внутренней энергии, ее прочности и устойчивости. Этот процесс саморегуляции и самоорганизации непрерывен во времени и является свойством существования материи. Он связан с притоком энергии извне и с универсальностью отбора вариантов преобразования вещества, направленных на приумножение количества и качества внутренней энергии природных систем.

Многочисленные примеры эволюции отдельно взятых видов (например, история развития копытных животных по В.О.Ковалевскому) дали однозначный ответ в пользу того, что изменчивость организмов, характеризующих развитие живого вещества, имеет четко выраженную направленность. Как выяснилось, путь развития в орга-

ническом мире определяется тем, что все существующее разнообразие наследственной изменчивости ограничено естественным отбором, который и обозначает его директрису.

В развитии систем неживой природы также можно говорить о их направленности, которая по законам термодинамики контролируется и определяется минимизацией их свободной энергии с целью максимального прироста внутренней энергии. Вероятно, это правило есть общий принцип, определяющий направленность развития всех природных систем.

Оценка хода развития различных систем живой и неживой природы выдвигает вопросы об исходных его предпосылках, которые в рамках данной концепции также требуют своего пояснения. Вопрос, собственно, сводится к давнему противостоянию сторонников автономного, самостоятельного развития систем с последователями эктогенеза, отстаивающих развитие природы в зависимости от воздействия внешней среды.

До недавнего времени среди натуралистов-естествоиспытателей господствовала позиция традиционного геоцентризма. Считалось, что ход направленного развития природной системы на Земле целиком определяется внутренними силами самой системы, будь то отдельный организм или вся Земля в целом. В последние годы благодаря в первую очередь работам А.Л.Чижевского приоритет в оценке движущих сил эволюции живого и неживого вещества стал заметно смещаться в пользу внешних факторов.

Вся совокупность геологического материала по истории развития планеты свидетельствует о весьма сложных причинно-следственных взаимосвязях глобальных явлений на Земле и их последствий с обуславливающими их внеземными процессами, которые определяются заданностью направленного развития Вселенной. Последнее обстоятельство требует отдельного специального рассмотрения.

2. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНЕТЫ - ЗАДАННОСТЬ НАПРАВЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Проблему происхождения Земли всегда традиционно связывают с вопросами образования Солнечной системы. Однако ее решение сильно усложняется уникальностью самого изучаемого объекта, един-

ственного пока в своем роде достоверно наблюдаемого "экземпляра".

Начиная с Канта и Лапласа предложено множество различных космогонических гипотез. Предлагались "горячие" и "холодные", стабильные и расширяющиеся модели. Образование Солнца и планет предполагалось из одного протопланетного диска и из облака, захваченного Солнцем, и др. Одни из них, в силу своей экстравагантности и бесконечно малой вероятности, оказались несостоятельными. Другие не смогли преодолеть различных фундаментальных трудностей (например, распределение момента количества движения между центральным телом Солнечной системы - Солнцем и планетами).

В рамках данной работы мы не ставим задачу исследовать механизм образования планетной системы. Подробное освещение этой проблемы можно найти в работах /14, 15/ и др. Мы ограничимся лишь пояснением нашей позиции в одном вопросе, связанном с правилом планетных расстояний Тициуса - Боде и размерами системы.

В модельных расчетах газово-пылевого облака, из которого сформировалась Солнечная система, слабым местом - неопределенным параметром - до сих пор остается его радиус. От него в конечном итоге зависит размерность самой планетной системы. Приемлемый выход из создавшегося затруднения предложил нидерландский астроном Я.Оорт. По его представлениям не все протопланетное вещество пошло на формирование планет. Какая-то его часть, оставаясь гравитационно связанной с Солнцем, продолжает свое движение по сильно вытянутым эллиптическим орбитам, лишь эпизодически приближаясь к нему. Такая схема распределения протопланетного газово-пылевого облака на планеты и на промежуточную форму в виде планетезималей принимается нами и совпадает с нашим представлением о направленности развития космического вещества в пространстве и времени.

Для нас важно качественно оценить возможность самого факта появления таких космических объектов как планеты с промежуточными ступенями и определить их положение в ряду эволюционных преобразований Вселенной. В связи с этим считаем принципиально необходимым более подробно изложить наши взгляды по вопросам материально-энергетического развития Вселенной и его направленности, а затем перейти к проблеме становления Земли.

2.1. Направленность развития Вселенной – ее расширение и дифференциация космического вещества

Популярная ныне гипотеза "творения Мира" посредством большого взрыва /21, 34 и др./упирается в трудноразрешимый пока вопрос: что же было за мгновение до него? К тому же широко известный принцип пульсации при неизменности Вселенной, несмотря на ее расширение, не снимает затруднений об источнике вещества и других противоречий, относящихся к самым принципиальным проблемам современного естествознания.

Между тем, используя современные данные устройства наблюдаемой Вселенной, можно подойти к решению этих противоречий с иных позиций, не прибегая к большому взрыву.

Вселенную мы рассматриваем как материально выполненное пространство, геометрия которого изменяется во времени в зависимости от распределения и движения вещества. В основе предлагаемого альтернативного подхода лежит принцип направленного развития самой Вселенной, обусловленного преобразованием энергии в поле, а поля – в частицы и вещество. В упрощенном виде он изображается как ряд пустота – хаос – космос. Пустота – первородный физический вакуум, хаос – бесструктурное пространство с относительно однородной средой, космос – упорядоченность вещества в пространстве и времени.

В 1902 г. английский физик и астрофизик Дж.Х. Джинс с помощью математического анализа показал, что бесконечно протяженное облако однородной среды не может находиться в равновесии долгое время. Под действием гравитационных сил оно неминуемо распадается на отдельные сгустки. Видимо, по такому сценарию и произошла фрагментация вещества первоначально однородной Вселенной. Сегодняшнее ее строение в нашем понимании представляет собой сложную ячеистую структуру, в некотором роде напоминающую кристаллическую решетку. В узлах этой решетчатой сети заключена основная часть вещества Вселенной в виде звезд, галактик, галактических скоплений, которые оконтуривают гигантские ячейки, составляющие обширные межзвездные области космической "пустоты" с ничтожно малой плотностью среды в них. Какова сущность "пустоты" и что находится внутри нее пока остается загадкой, тем не менее именно эта "пустота" в нашем понимании и составляет основную структурную единицу Вселенной.

Известно, что средняя по всей Вселенной плотность материи, входящей в галактики, согласно астрономическим наблюдениям, оценивается примерно равной 0,038 плотности критической ($\rho_{\text{крит.}} \approx 10^{-29}$ г/см³). Есть разные способы выражения плотности материи. По нашему мнению, более наглядное представление о космической "пустоте" дает пересчет, приведенный в энциклопедическом словаре юного физика. Если принять, что все вещество состоит из водорода, то окажется, что в 1 м³ пространства Вселенной содержится примерно 1 атом водорода.

Вместе с тем можно полагать, что материя во Вселенной существует не только в виде вещества, но и в каких-то других невидимых или труднодоступных для наблюдения формах (проблема скрытой массы галактик). Это могут быть нейтроны или какие-либо другие частицы. В том же 1 м³ пространства, как считают астрофизики, количество фотонов - квантов электромагнитного излучения - исчисляется сотнями миллионов.

В ходе наблюдения Крабовидной туманности (M I) по проекту "Гранат" сделано сенсационное открытие. Обнаружены линии аннигиляции электронов и позитронов с энергией 511 кэВ. Считается, что такой эффект может произвести только облако электронно-позитронной плазмы /30/.

Кроме того, есть основания полагать, что во Вселенной находится достаточно много нейтрино, а также других пока еще не обнаруженных гипотетических "новых частиц", предсказываемых единичными теориями. Но они настолько слабо взаимодействуют с веществом, что при современной технике их наблюдение прямыми физическими методами весьма затруднительно. Так или иначе, но частиц излучения во Вселенной несоизмеримо больше, чем атомов известного науке вещества. В этом плане межзвездная "пустота", по нашему мнению, близко напоминает физический вакуум, способный воспроизводить виртуальные частицы, которые, в свою очередь, влияют на физические процессы. Правда, физические эффекты, вызываемые виртуальными частицами, сегодня еще до конца не ясны, но все же известно, что чем мельче рассматриваемые частицы, тем большую роль играет окружающий их вакуум со своими виртуальными частицами. Так, в ядерном веществе протоны имеют меньшую массу, чем в вакууме. Прирост массы в вакууме объясняется "налипанием" на протон виртуальных частиц - п-мезонов.

На уровне кварков параметры вакуума играют уже решающую роль. Исследования в этом направлении привели физиков к еще более загадочным явлениям. Оказалось, что на сверхмалых расстояниях возникает взаимосвязь квантовых эффектов с гравитационными. Сверхтяжелые виртуальные частицы начинают создавать вокруг себя гравитационное поле, способное даже исказить геометрию пространства.

И.К.Розгачева /25/, исследуя проблему фракталов в космосе и многомерности Вселенной, рассматривает материю как совокупность взаимодействий квантовых полей. Состояние материи, симметричное относительно сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий, она называет вакуумоподобным. Оно неустойчиво. Наличие гравитационного взаимодействия может привести в этом случае к нарушению симметрии между другими тремя взаимодействиями. В результате чего появляются массивные элементарные частицы.

Если это так, то есть все основания рассматривать космическую "пустоту" как форму существования материи с беспредельным энергетическим потенциалом, способным рожать частицы. В таком контексте современная "ойкумена" началась с "пустоты" виртуальным переходом энергии в поле, а поля в частицы. В этот начальный этап мироздания материя состоит главным образом из излучений и плазмы в виде различных заряженных и нейтральных частиц, а движущие силы природы определяются сильными и слабыми взаимодействиями между ними.

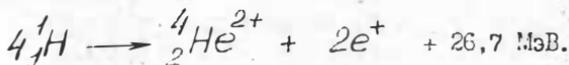
Появление вещества приводит к нарушению состояния и свойств первоначального вакуума. Накопившиеся сверхтяжелые частицы становятся носителями гравитационного поля, которое начинает влиять на геометрию пространства в виде его расширения как ответная реакция вакуума и компенсация на изменившуюся среднюю плотность материи.

Дальнейший прирост вещества приводит к образованию относительно однородной среды пространства, геометрические свойства которого со временем меняются в зависимости от распределения и движения материи (эти же причины влияют на скорость и самого времени). Заметно повышается роль электромагнитного и особенно гравитационного взаимодействий. В этот период под влиянием гравитационных сил начинается распадение единого облака относительно однородной среды на отдельные сгущения и начинает форми-

роваться ячеистая структура Вселенной с возникновением множества новых космических "пустот". В дальнейшем такие "пустоты" могут играть роль новых источников по "переработке" энергии (излучений) в вещество. (Возможно, в этом скрыт ответ на вопрос, почему водород при необратимости реакции синтеза до сих пор не весь перешел в гелий.)

Одновременно с перераспределением вещества в пространстве происходит изменение его состава. Известно, что материя Вселенной представляет собой почти водородно-гелиевую смесь. Эти два элемента составляют основную часть вещества звезд, межзвездной среды и туманностей. Однако во всем многообразии процессов мироздания водород занимает исключительное положение. Он является самым распространенным элементом Вселенной. По современным подсчетам на его долю приходится 76 % космической массы (23 % — на гелий и 1 % — на другие элементы).

В жизненном цикле звезд (от конденсации космического вещества в туманность до их взрыва) водород играет определяющую роль. В производстве энергии ему нет равных. Например, Солнце каждую секунду излучает в космическое пространство энергию в 4×10^{33} эрг, эквивалентную приблизительно 4 млн т мас.сч. (При мощном термоядерном взрыве в энергию превращается всего около 1 кг вещества.) В ходе слияния четырех ядер водорода (протонов) в ядро гелия выделяется колоссальная энергия. Суммарный результат такой реакции с выделением энергии на один элементарный акт имеет следующий вид:



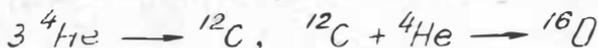
Кроме того, водород расходуется не только на производство энергии. В ходе термоядерных процессов из него (как основного фундаментального кирпичика мироздания) образуются новые химические элементы, а в космическое пространство при этом еще выбрасывается поток ускоренных протонов типа "солнечного ветра".

По современным представлениям космическое вещество находится в постоянном движении по схеме: газ космической среды — звезды — новые звезды + межзвездная газопылевая среда. Изменение состава среды связано с тем, что некоторая часть первоначального космического вещества остается в звездном состоянии в виде "мертвых" белых и холодных черных карликов, нейтронных

звезд, и, вероятно, черных дыр. Другая его часть после взрыва внешней оболочки у красных гигантов или вспышки сверхновых звезд возвращается в межзвездное пространство и образует так называемые "планетные туманности", которые служат материалом при формировании следующего поколения звезд и планетных систем.

Если принять этот ряд эволюционных преобразований, то рождение планет занимает в нем вполне определенное место. Процесс их появления должен начаться, по крайней мере, не раньше формирования звезд второго поколения. В рамках вещественного обмена он обусловлен прежде всего наличием в межзвездной среде необходимого и достаточного количества атомов тяжелых элементов, которые, в свою очередь, являются продуктами внутризвездных термоядерных превращений.

В результате необратимого процесса "выгорания" водорода в центральных областях звезды возрастает количество гелия с примесью тяжелых элементов, которые образуются по схеме



Дальнейшее взаимодействие с протонами и нейтронами приводит к появлению изотопов ^{13}C и ^{17}O .

Наиболее вероятным источником и главным поставщиком тяжелых и сверхтяжелых элементов, пополняющих космическую среду, считаются вспышки сверхновых звезд. При их взрыве происходят цепные реакции, сопровождающиеся выбросом большого количества нейтронов, необходимых для стабилизации промежуточных ядер, и в межзвездное пространство непрерывно поступают тяжелые и сверхтяжелые элементы.

По существующей теории в "ядерном котле" такой звезды при "выгорании" водорода синтезируется гелий, а затем и более тяжелые элементы – углерод, кислород, кремний и никель. Радиоактивный никель через восемь дней после взрыва превращается в радиоактивный кобальт, который через 114 дней переходит в наиболее устойчивый элемент – железо. Такая мощная вспышка Сверхновой была зарегистрирована 23 февраля 1987 г. Реакция синтеза элементов по расчетам сопровождается испусканием квантов радиоактивного распада, которые должны достичь Земли в виде рентгеновского излучения, тем самым сигнализируя о свершившемся факте. Проведенный эксперимент по наблюдению за Сверхновой звездой на

орбитальном комплексе "Союз ТМ-3" - "Мир" - "Квант" в феврале - августе 1987 г. зафиксировал подобные рентгеновские лучи.

Дальнейший ход развития Вселенной связан с более глубокой дифференциацией вещества и увеличением степени его пространственной упорядоченности. Это выразилось в появлении звезд различного состава, плотности, размеров, светимости, в их перераспределении в пространстве в виде формирования разнообразных звездных систем и их совокупностей.

В результате дальнейшей дифференциации вещества накопление тяжелых элементов в космосе достигло некоторой критической величины, что послужило причиной и легло в основу механизма изменения пути преобразования Вселенной. Появляется принципиально новый класс космических объектов - планеты и особого вида материя - живое вещество. В этом плане история Земли рассматривается нами как частный случай, в котором запечатлены общие тенденции направленности развития Вселенной. Все преобразования планеты также протекают в рамках этих двух главных направлений и определяются пространственным перераспределением вещества и изменением его состава.

2.2. Ход развития Земли и его вещественно-энергетическое обеспечение

Наиболее загадочным событием в истории развития Земли считается самый ранний этап ее становления и процесс формирования главных структурных элементов планеты - геосфер.

По данному вопросу существует достаточно много моделей, большое разнообразие которых указывает на сложность его решения. Однако на фоне множества отличительных черт у некоторых предлагавшихся гипотез есть общий признак обычно не вызывающий особых возражений, который лежит в основе и наших рассуждений. Речь идет о первоначальном газово-пылевом облаке как исходной субстанции в процессе формирования планет.

Предлагаемая далее схема не просто плод фантазии, а сценарий, основанный на реально наблюдаемых механизмах, прослеженных астрофизиками по эволюции звезд от их рождения из газопылевой туманности со всеми промежуточными формами до взрыва сверхновых.

Этот процесс для Вселенной не уникален. Природа в своем бесконечном отборе вариантов преобразования материи в процессе саморегуляции свой выбор ведет в направлении универсальности с всеобъемлющим учетом всех имеющих место явлений. По данным современной астрономии, в соответствии с изменяющимися параметрами Вселенной оптимальный путь разделения космического вещества по составу и его пространственному обособлению связан с механизмом сгущения вещества и последующей его дифференциацией.

На этапе появления новых космических тел в виде планет оптимальный механизм распределения вещества, выработанный природой ранее, на наш взгляд, еще не столкнулся с какими-либо видимыми трудностями и у природы не было серьезных причин принципиально менять направленность своего развития. Именно этот оптимальный принцип природы положен в основу наших представлений, по которому зарождение планеты мы связываем с наличием первоначально протопланетного облака.

Современная геология в качестве главных структурных элементов Земли выделяет такие крупномасштабные системы, как ядро, мантия, земная кора, гидросфера, атмосфера, биосфера. В структурных особенностях Земли, связанных со сферичностью форм основных ее элементов, закодирована вся информация об истории становления планеты. В итоге решение проблемы сводится к расшифровке хода преобразований атомов водорода, углерода, кислорода и других элементов в сложные соединения и минеральное вещество, его концентрации и распределения в пределах земного пространства и времени.

Сегодняшнее строение Земли рассматривается прежде всего как механический результат гравитационного "отбора" и преобразования планетного вещества во времени за последние 4,6 млрд лет. Распределение земных оболочек в радиальном направлении от центра к внешним зонам произошло в тесной зависимости от плотности вещества. Однако это далеко не единственный механизм, определяющий принцип строения и ход направленного развития планеты.

В вопросах геологических преобразований Земли мы исходим из принципа расширяющейся планеты как предопределенной заданности направленного развития Вселенной.

Сама по себе идея расширяющейся или пульсирующей Земли не нова и в большинстве случаев не вызывает принципиальных возражений. Расхождения связаны главным образом с вопросами источника вещества для роста планеты и энергии, обеспечивающей этот непрерывный процесс.

Свою задачу по данной проблеме мы видим не в критическом анализе существующих гипотез, ибо это уже проделали достаточно подробно А.Шейдеггер /33/, В.В.Кузнецов /14, 15/ и др. Мы предлагаем свое альтернативное решение. В основе вещественно-энергетического обеспечения всех геологических процессов по нашей концепции лежит водород, ядро которого представляется как некий "генетический код", начальный "кварпилик" всего мироздания.

После начала сгущения протопланетного облака под влиянием гравитационных сил происходит его уплотнение и сжатие. Формируется относительно плотное, но еще сравнительно однородное по составу шаровидное образование. Становлению его геометрии способствуют и силы взаимодействия между соседними элементарными частицами, атомами, молекулами, составляющими газопылевое вещество. Процесс его концентрации напоминает каплю воды, в которой взаимодействуют лишь соседние молекулы, а частицы, находящиеся на поверхности, создают поверхностное натяжение. Поэтому в рассматриваемом случае протопланетное вещество приобретает шарообразную форму, Дальнейшее преобразование и распределение вещества в виде скорлупообразных оболочек обязаны этой начальной сферической форме.

Решение задачи сводится к выяснению масштаба сжатия и определяющих его причин, а также параметров состояния подвергнутого этому действию вещества.

Механизм всякого сгущения космического вещества во Вселенной, как известно, связан с гравитационным взаимодействием и по своей природе универсален. Это относится и к протопланетному сгущению. Его масштаб и сила определяются прежде всего величиной массы исходного газопылевого облака. Пока давление во внутренних частях сфероида не уравнивает сил тяготения, "шар" непрерывно сжимается, первоначально даже, возможно, с ускорением. Наконец, наступает момент, когда сила давления раскаленного газа, заключенного в его недрах, уравнивает силу тяжести сжимающегося "шара". Этот радиус и определяет "стартовый" размер рождающейся планеты.

Доводы и расчеты /14 - 16/ показывают, что первоначальная величина протопланеты была соизмерима с размером ядра современной Земли. Если это так, то, приняв массу Земли не менее современной, а радиус внешнего ядра в 3 500 км, получим, что исходная плотность протоматерии в момент максимального сжатия "шара" достигает $33,29 \text{ г/см}^3$ (В.В.Кузнецов допускает плотность до 35 г/см^3 , а А.Шейдеггер - даже в 44 г/см^3). Таким образом, работа гравитационного сжатия перешла в потенциальную энергию сверхплотного ядра.

Современная наука еще далеко не до конца знает о свойствах вещества при столь высоких температурах и давлениях. О каких-либо его параметрах в центре Земли можно строить лишь догадки. Вместе с тем, опираясь на сведения о фазовых превращениях, с определенной степенью вероятности можно предположить, что во внутренних областях "раскаленного шара" под действием сверхвысокого давления произошло расслоение преимущественно водородно-гелиевой газовой смеси на ее составляющие.

Высокие температуры могли привести к процессу ионизации газа и переходу вещества в плазменное состояние, что в дальнейшем должно было существенно повлиять на характер ряда химических реакций. Нельзя исключить и вероятность того, что в горячей плазме из-за слабого взаимодействия между заряженными частицами, как известно, возможно разделение ее на две независимых составляющих - на ионы и электроны. Поскольку электрон много легче даже легчайшего из ионов - протона, то при столкновении между собой электрону крайне трудно отдать свою энергию даже протону. Поэтому температурный режим электронной и ионной части плазмы может существенно различаться. Кроме того, ионизация газа и плазменное состояние вещества приводят к заметному росту их проводимости. В таких условиях возможно даже состояние сверхпроводимости. При наличии магнитного поля межзвездной среды этот фактор может привести к эффекту магнитогидродинамического генератора и появлению электродвижущих сил и собственного магнитного поля планеты.

Главный компонент газовой смеси - водород в условиях сверхвысокого давления может перейти в состояние сверхплотного протонного газа и (или) находиться в форме металлического водорода. В центре Земли, где сила тяжести, быстро убывая, уменьшается до нуля, могли возникнуть условия близкие к параметрам физического вакуума.

Момент стабилизации начального размера "газообразного шара" согласно уравнению Клапейрона – Менделеева из-за прямой зависимости объема, давления и температуры не может постоянно оставаться в состоянии равновесия. В силу прямой взаимосвязи единой термодинамической системы, которую в этот момент представляет собой зарождающийся земной шар, с системой открытого космоса начинается их непрерывный вещественно-энергетический обмен.

В периферийных частях, где плотность вещества в сравнении с внутренними областями относительно невелика, атомы и молекулы могут двигаться с параболической скоростью и беспрепятственно покидать пределы сформировавшегося сгущения. В образовавшейся системе земной шар – космос водород как основной и легчайший элемент начинает выполнять новую для себя функцию. Она связана с механизмом саморегуляции системы, где водород играет роль теплоносителя. По известной теории диссипации планетных атмосфер, развитой английским астрофизиком Дж. Х. Джинсом и в дальнейшем усовершенствованной Л. Спитцером и И. С. Шкловским, количество утекающего водорода из системы прямо пропорционально ее температуре.

Охлаждение внешней оболочки протопланеты в конце концов привело к образованию первичной земной коры. Потеря протовеществом первоначально гравитационного тепла дала толчок к различного рода фазовым переходам, что, в свою очередь, повлекло за собой его разуплотнение и увеличение объема. Таким образом, первичная энергия гравитационного сжатия, аккумулированная в сверхплотном веществе недр протопланеты, начинает постепенно реализовываться в работу преобразования вещества, увеличения объема и перераспределения его в пространстве в виде самостоятельных земных оболочек. Это, по нашим предположениям, один из главных внутренних источников вещественно-энергетического обеспечения геологических процессов во всей истории развития планеты.

По расчетам В. В. Кесарева /13/ первыми простыми соединениями, состоящими из двух элементов, в протопланетном веществе должны быть гидриды (SiH_4 , NiH_2 , CoH_2 , FeH_2 и др.) и пероксиды (CaO_2 , K_2O_2 , K_2O , HO_2 и т. п.). Но, как известно, смесь гидридов и пероксидов весьма взрывоопасна, что служит серьезным возражением на пути их смешения в едином облаке.

Поскольку протопланетное облако все же не взорвалось, а из него впоследствии сформировалась наша Земля, следует полагать, что первоначальные условия сгущения исключали химическое взаимодействие этих исходных веществ. Логично предположить, что первичная дифференциация, пространственно разделявшая опасные реагенты (и энергетически более осуществимая), происходила при температуре жидкого водорода или близкой к 0°K , препятствующей химическому взаимодействию.

Становление планеты по нашей схеме началось с гравитационной конденсации протопланетного вещества при температурном режиме открытого космоса, близком к абсолютному нулю. По мере образования простых соединений и концентрации вещества начинает расти сила тяжести и повышаться температура. Однако достижению ее критической величины, при которой возможен взрыв смеси гидридов и пероксидов, препятствует ускользание водорода.

В процессе пространственного разделения (под действием силы тяжести) гидриды и пероксиды как главные химические реагенты принимают участие в образовании воды, простых оксидов (SiO_2 , CaO , MgO и т.п., широко распространенных на Земле), а также более сложных минералов, таких как кварц, полевые шпаты и пр. На этом этапе становления планеты появляется новая разновидность материи — минеральное вещество, из которого начинают формироваться основные структурные элементы будущей Земли.

Изменение температурных условий и размера Земли во времени происходило неравномерно /14 - 16/. Например, если первоначально охлаждение шло только за счет диссипации водорода, то теперь в этот процесс активно включился механизм конвективных течений, который способствует и перераспределению вещества в пространстве. Оксиды кремния, алюминия и щелочных металлов, в силу своей незначительной плотности, обособляются во внешней ее оболочке, а более тяжелые карбиды, нитриды, гидриды, фосфиды, сульфиды концентрируются во внутренних зонах протопланеты.

Вследствие фазовых переходов и преобразований вещества увеличивающийся объем земного шара разрывает первичную кору на отдельные гигантские осколки — материки. За 4,6 млрд лет радиус Земли "вырос" на 2 900 км, что соответствует ежегодному его приросту на 0,6 мм.

Вполне очевидно, что столь малая усредненная скорость отражает лишь непрерывающуюся дифференциацию и постоянное преобразование вещества, которые по своим конечным результатам принадлежат к наиболее действенным планетарным процессам. Однако это совсем не означает, что прирост радиуса и увеличение объема Земли, вызванные этими процессами, также представляют собой непрерывное равномерное движение. Земные оболочки и прежде всего земная кора, состоящая из различных горных пород и слоев, обладают некоторой силой упругости, которая оказывает сопротивление и препятствует этому воздействию. По мере нарастания разнообразных статических и динамических нагрузок происходят деформация и нарушение прочности материала. Их проявления во времени в виде различных геологических процессов носят уже дискретный характер. К ним относятся разномасштабные ритмы, фазы, повторяющиеся эпохи тектонических преобразований лика Земли, этапы накопления различных типов горных пород, полезных ископаемых и т.д., которые мы связываем с понятием общей направленности развития планеты.

В результате таких преобразований произошло пространственное перераспределение вещества по его удельной плотности и обозначились главные структурные элементы планеты. Летучие компоненты образовали газовую оболочку Земли. Пространство между разорванными материками заполняет рождающийся Мировой океан, формируя гидросферу.

К определенному моменту степень эволюционных преобразований протовещества вплотную приблизилась к современному. Появляется принципиально новый вид материи — живое вещество. В основе его появления и формирования биосферы также лежит энергетический принцип. Как показал Л.Г.Соловьев /29/, создание органического вещества, в том числе живого, для природы является энергетически выгодным процессом. Энергия химических связей в органическом веществе (углерода с водородом, кислородом, серой, фосфором и азотом) в среднем на 86 ккал/моль больше, чем в неорганическом. Природе выгоднее образовывать органические соединения, в том числе и белковые, входящие в состав живого вещества.

Центральным в проблеме зарождения и развития Земли, как и для всех других гипотез, остается вопрос о движущих силах и источнике энергии. Их достаточно много, и о некоторых из них уже было сказано. Здесь мы укажем еще ряд источников, на наш взгляд,

играющих важную роль в дальнейших геологических преобразованиях.

Кроме гравитационных и электромагнитных сил внешних источников, связанных со структурой самой Вселенной, отметим выделение энергии при гравитационной дифференциации первичного протопланетного вещества, энергию экзотермических реакций, ядерную энергию синтеза железа и радиоактивного распада. Среди причин сгущения и конденсации облака считаем нужным упомянуть силы взаимодействия дипольных моментов молекул, которые ведут их к соответствующей ориентации. Взаимное усиление дипольных моментов молекул приводит к возникновению индукционных сил.

Дальнейшее развитие планеты будет проходить в независимости от "холодного" или "горячего" первичного состояния протопланетного облака, так как большинство протекающих внутри его процессов все равно ведут к существенному разогреву вещества. Далее приведем некоторые из них.

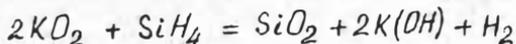
1. Сокращение свободной поверхности в процессе аккреции сопровождается выделением поверхностной энергии, что могло привести к частичному или полному расплавлению вещества.

2. Значительным источником тепла является дифференциация вещества по удельному весу и минеральная сегрегация.

3. Разогрев с образованием вод океана могут обеспечить реакции гидридов с пероксидами, плотности которых близки и их гравитационное разобщение невелико.

Тепловой эффект реакции или изменение свободной энергии в стандартных условиях принято считать по разности потенциалов Гиббса.

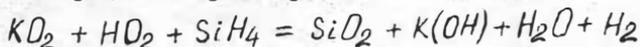
Так, при взаимодействии пероксида калия с гидридом кремния



$$2(-56,8) + -9,4 = -190,9 + 2(-89,5)$$

тепловой эффект (ΔG) реакции равен $-246,9$ ккал.

При образовании кремнезема и воды с участием пероксида калия, пероксида водорода и гидрида кремния



$$-56,8 + +3,0 + -9,4 = -190,9 + -89,5 + -56,69$$

выделяется энергия, равная $-273,9$ ккал.

4. Не менее важный источник тепла связан с синтезом минералов из простых оксидов. Например, образование волластонита из оксидов кальция и кремнезема $CaO + SiO_2 = CaSiO_3$ $-144,4 + -190,9 + -358,2$ сопровождается выделением $-13,9$ ккал.

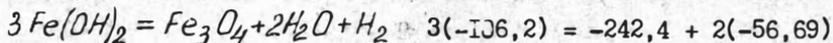
В другом случае реакция с участием этих же оксидов



даст тепловой эффект в $-34,0$ ккал.

При образовании карбоната кальция $CaO + CO_2 = CaCO_3$ $-144,4 + -94,26 = -269,5$ выделяется $-30,8$ ккал.

Превращение гидрата закисного железа в магнетит



идет с выделением свободной энергии в $-37,2$ ккал.

Синтез сидерита $FeO + CO_2 = FeCO_3$ $-58,4 + -92,32 = -161,06$ обеспечивает тепловой эффект в $-10,36$ ккал.

Еще больше свободной энергии выделяется при образовании таких широко распространенных минералов, как полевые шпаты. Например, образование альбита $2Na(OH) + 2Al(OH)_3 + 6SiO_2 = 2NaAlSi_3O_8 + 4H_2O$ $2(-99,2) + 2(-211,8) + 6(-190,9) = 2(-850,2) + 4(-56,7)$ сопровождается выделением $-59,3$ ккал.

5. Еще один источник тепла, который до сих пор мало принимался в расчет, но который, по нашему мнению, все же заслуживает внимания, связан с наличием в облаке космической пыли. По данным И.С. Шкловского /34/, размер пылевых частиц составляет около 10^{-5} см. Как показывают наши опыты, вещество частиц таких размеров аморфно и не может находиться в кристаллическом состоянии. Превращение аморфного кремнезема в кристаллический кварц с увеличением частиц от 10^{-6} до 10^{-1} см сопровождается выделением $18,6$ ккал/г поверхностной энергии плюс $25,0$ ккал/г энергии кристаллизации. Такой запас потенциальной энергии аморфного кремнезема, по нашим подсчетам /22/, достаточен для саморазогрева до $250 - 300$ °C.

Энергии, выделенной при становлении планеты из пылевидного скопления, вполне достаточно, чтобы вызвать частичное расплавление вещества.

Таким образом, становление планеты из газопылевого облака представляет собой экзотермический процесс, тепловой режим которого регулируется ускользанием воллорода.

Формированием геосфер, различающихся по химическому составу, агрегатному состоянию и физическим свойствам, завершился начальный этап становления планеты. Планета Земля превратилась в единую сложную термодинамическую систему с новыми качествами, крупные элементы которой – ядро, мантия, кора, Мировой океан, атмосфера, биосфера – связаны между собой взаимной передачей энергии и вещества. Механическая модель Земли и ее функционирование представляются в виде общей циклически работающей системы, по своим принципам организации сопоставимой с физиологической моделью динамического равновесия, известной под названием гомеостаза. Существование Земли как устойчивой термодинамической системы рассматривается через механизм функциональной связи геосфер друг с другом и внешней космической средой путем их вещество-энергетического обмена.

Термодинамическая система, которую представляет собой Земля в целом (как и всякая другая природная система), развивается во времени и имеет явно обозначенную направленность. В рамках данной концепции она определяется и контролируется совокупностью ответных реакций системы, направленных по принципу Ле-Шателье на устранение, ослабление или ограничение внешнего воздействия, нарушающего относительно равновесное состояние "внутренней среды" этой системы. Дальнейший ход преобразований в формировании геосфер, в целом или обособление каких-либо породно-минеральных скоплений в земной коре, в частности, служит примером такого развития, как ответные реакции системы, направленность которых выражается перераспределением вещества в пространстве и ограничивается преимущественно гравитационным воздействием.

Материально-энергетический обмен природных образований (систем) регулируется геологическими процессами, проявления которых в пределах планеты служат объектами геологии. В этой концепции периодичность осадочного пороодообразования как геологическое явление отражает синхронную связь с несколькими событиями планетарного масштаба. Обстоятельства всякого пороодообразования в каждом конкретном случае органически входят как закономерная составная часть единой причинно-следственной цепи явлений, связанной с реализацией аккумулярованной в ядре энергии, как результат и отклик фазовых переходов и продолжающейся дифференциации вещества и определяющих смену геологических обстановок.

3. ВОДОРОД В РАЗВИТИИ ЖИВОГО И КОСНОГО ВЕЩЕСТВА ЗЕМЛИ

Водород – самый распространенный элемент Вселенной, где он встречается в 500 раз чаще, чем все другие элементы. С термоядерным синтезом водорода — гелий связана энергетика Солнца и других светил. Он составляет основную массу планет-гигантов Солнечной системы. В земной коре водород замыкает десяток самых распространенных элементов. По предположениям, в мантии и особенно в ядре Земли распространенность водорода значительно выше, и В.Н.Ларин /20/ высказал гипотезу о гидридном ядре Земли.

По своим физическим свойствам водород выделяется из ряда элементов. Как топливо он отличается очень высокой теплотворной способностью. Его теплоемкость самая высокая в сравнении с другими газами.

Природный оксид водорода – вода выделяется из ряда других минеральных образований. Ее особое положение в природе, обусловленное физическими свойствами, распространенностью и исключительно важным участием во всех геологических и биологических процессах, неоднократно отмечалось рядом ученых. Наиболее емко оно выражено В.И.Вернадским: "Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов" /4/.

Развивая идеи В.И.Вернадского, С.М.Григорьев /7/ сформулировал понятие о дренажной оболочке Земли, располагающейся на континентах между поверхностями Конрада и Мохоровичича, где благодаря постоянной миграции с переходом жидкая вода – пар (и обратно) осуществляются важнейшие геологические процессы глобального материально-энергетического обмена геосфер.

В работах В.И.Вернадского, А.П.Виноградова, С.М.Григорьева и других естествоиспытателей внимание сосредоточено на роли воды в геологических процессах. Рассматриваются только те процессы, в которых вода участвует, не изменяя своего элементного состава, т.е. всегда остается оксидом водорода, но в разных агрегатных состояниях и при разной насыщенности растворимыми веществами.

Если поставить проблему шире и рассматривать участие водорода в природных процессах не только в виде H_2O , но и в комбина-

цикл с другими элементами, а также в виде H^+ , H^- , $(OH)^-$ и H_2 , то в кругу обсуждаемых вопросов оказывается материально-энергетический обмен между атмо-, лито-, гидросферами через биосферу с учетом как солнечной, так и глубинной энергии.

Именно поэтому энергетика геологических процессов рассматривается нами как внешняя работа, наглядно проявляющаяся в геохимических циклах водорода.

3.1. Геохимические циклы водорода

В зависимости от источника энергии и места действия различаются эндогенные и экзогенные, а также космический циклы водорода.

Э н д о г е н н ы е циклы. Это геохимические циклы водорода, протекающие в областях на границе ядро - мантия, мантия - земная кора. По предположению Н.П.Семеновко /28/, ядро Земли содержит карбиды, гидриды, нитриды металлов. На границе ядро - мантия протекают реакции окисления этого "топлива" силикатными окислителями. Продукты "горения" (водород, метан, аммиак) создают восходящий поток в конвекционной ячейке мантии. На контакте мантия - кора конвекционный поток изменяет направление движения (что согласуется с теорией литосферных плит), обогащается силикатными окислителями, отдает энергию земной коре, охлаждается, утяжеляется и образует нисходящую ветвь конвекционной ячейки.

С нисходящим потоком в мантию увлекается минеральное вещество, входившее в состав коры океанического типа, близкое по составу к океаническим базальтам, т.е. содержащее FeO около 10% и силикаты щелочных металлов. При глубинном погружении и температуре свыше $1000^\circ K$ реакции силикатов щелочных металлов с бескислородными соединениями железа и кремния протекают с высоким тепловым эффектом.

Мощный тепловой поток летучих теплоносителей, обогащенный соединениями кремния, карбонидами металлов и другими веществами, способными мигрировать в газовой фазе, питает земную кору глубинным материалом и наращивает континенты снизу (по мере их денудации сверху). Вещественно-энергетический обмен в системе кора океанического типа - мантия - ядро - кора континентального

типа обеспечивает псевдоравновесное состояние в соответствии с теорией экстазии, рост железного ядра и питание коры силикатным материалом и ювенильной водой.

К экзогенным циклам относятся геохимические циклы водорода, основой которых служит энергия Солнца. Наиболее характерные из них – атмо-гидросферный, биосферный и литосферный.

Атмо-гидросферный цикл. Относительно простой и повседневно наблюдаемый. Он связан с испарением воды с поверхности Земли. В верхних слоях атмосферы часть испаряющейся воды под воздействием ультрафиолетового излучения разлагается на составные элементы. Кислород (как наиболее тяжелый) обогащает атмосферу, а водород диссипирует. Другая часть воды переносится воздушными потоками и выпадает в виде осадков. Выпавшие на сушу метеорные воды обогащаются растворимыми компонентами и с примесью твердых частиц горных пород возвращаются в Мировой океан. В этом цикле оксид водорода совершает грандиозную работу по изменению лица Земли, переработке минеральных масс смываемых горных пород и преобразованию их в иного типа отложения. Мерой совершаемой работы в этом цикле водорода может служить объем осадочных пород. Ежегодный снос материала с континентов составляет 30×10^9 т твердых частиц и $5,4 \times 10^9$ т растворимых веществ /8/.

Не менее важный в геологических масштабах геохимический цикл водорода связан с дренажной оболочкой земной коры, которая рассматривается как часть гидросферы /7/. Известно, что при давлении свыше 218,5 атм вода не может находиться в парообразном состоянии при температурах ниже абсолютной точки кипения (427°C). В то же время при температуре свыше 427°C пар не конденсируется ни при каких давлениях. Благодаря этим свойствам в недрах на определенных глубинах складываются условия для постоянной циркуляции воды между двумя изотермами дренажной оболочки 374 и 450°C . При температуре ниже абсолютной точки кипения горячая вода выщелачивает растворимые в ней компоненты и опускается вниз по изотерме, соответствующей абсолютной точке кипения данного водного раствора, что несколько выше абсолютной точки кипения чистой воды и примерно соответствует 450°C . Превратившись в пар, вода сбрасывает растворенные компоненты и обогащается другими веществами, которые могут мигрировать с парами воды.

В результате такой постоянной миграции вниз опускаются такие элементы, как железо и магний, а вверх выносятся главным образом кремнезем. Материальный обмен в дренажной оболочке в итоге приводит к образованию гнейсов, гранито-гнейсов и других пород, составляющих гранитный слой, а в нижней части континентальной коры вследствие приноса железа и магния формируется базальтовый слой.

Однако роль дренажной оболочки сказывается не только в вертикальной, но и в латеральной миграции железа и магния из пород континентальной коры в океаническую кору. Для объяснения этого явления С.М. Григорьев привлекает понятие о главном базисе эрозии. Традиционно считается базисом эрозии уровень Мирового океана. Однако главный базис эрозии гидросферы лежит на уровне дна Океана или даже под его дном. Благодаря разности пьезостатических давлений воды с континента и из-под континентов стекают по дренажной оболочке в океанические впадины и сносят туда растворенные компоненты, среди которых главными являются $Fe, Mg, Mn \dots$

Глубоководные океанические осадки, представленные тонкодисперсным веществом, при обогащении железом и магнием трансформируются в базальтоиды. Поэтому океаническая кора лишена гранитного слоя.

Утяжеленные принесенными элементами (главным образом Fe, Mg) породы морского дна погружаются и ассимилируются мантией. При этом не исключается вариант, рассмотренный Н.Л. Добрецовым /9/, когда ассимиляция сопровождается выплавлением железа и его погружением в виде капли сквозь мантию до ядра.

С работой в атмо-гидросферном цикле и особенно с действием вод в дренажной оболочке Земли увязывается и рост континентов, и образование гранитного слоя, и вещественный обмен с другими земными оболочками.

Биосферный цикл. Водород воды в процессах жизни деятельности входит в состав органического вещества и вступает в биосферный круговорот. Фитотрофы при участии солнечного света синтезируют органические вещества. Травоядные поедают растительный корм и преобразуют потребленные органические вещества в новые соединения, необходимые для их существования. Хищники поедают травоядных, а те и другие становятся пищей некрофагов и в конечном счете (не без участия бактерий) все превращается

в исходные H_2O и CO_2 . К этим же исходным соединениям приводит разложение питательных веществ при дыхании.

Работа биосферного цикла равна энергии Солнца, поглощенной биосферой. Все экзогенные процессы, основанные на использовании солнечной энергии, протекают при участии живых организмов.

В эпоху интенсивного развития фотосинтеза, когда прирост биомассы превышает ее потребление, часть синтезированных органических веществ (и, следовательно, часть водорода) выпадает из биосферного круговорота и в виде fossilizированных остатков захороняется в недрах. С этим связано обогащение атмосферы кислородом, образование горючих полезных ископаемых и ряд других геологических процессов глобального масштаба.

Л и т о с ф е р н ы й ц и к л. Вода при накоплении морских осадков входит в состав минерального вещества в различном виде (конституционная, кристаллизационная и как гидроксил-ион). При погружении осадка в условиях повышенной температуры вода реагирует с минеральным веществом с выделением водорода и литификацией кислорода. Восстановленный водород либо вступает в реакции гидрогенезации fossilizированных органических остатков, либо восстанавливает некоторые оксиды, либо выделяется как свободный газ, который в итоге диссипирует в космическое пространство.

Кроме того, литосферный цикл водорода связан с переработкой в волноприбойной зоне моря наносимых терригенных минеральных масс. При поступлении в волноприбойную зону минеральные вещества подвергаются тонкому и сверхтонкому измельчению, в ходе которого все кристаллические тела аморфизуются и гидратируются. Вода, захваченная гидратированным веществом, погружается вместе с осадками в недра. В литогенезе она "срабатывает" при цементации осадка, но главное ее значение - окислитель минерального вещества. Экспериментально доказано /22/, что минералы, содержащие закисное железо и (или) сульфидную серу, после их активации тонким измельчением, реагируют с водой, вытесняя водород. Свободный водород либо обособляется в самостоятельную субстанцию, либо гидрогенизирует дисперсно-рассеянное органическое вещество. Во втором случае образуются битуминозные сланцы, нефть и углеводородные газы /23/.

Выделение водорода в литосферный цикл, связанное с гидратацией минеральных веществ во время субквального измельчения,

имеет еще другое продолжение. Минералы сложного состава при измельчении в воде образуют гидраты простых оксидов ($Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ и т.д.). Превращение сорбированной воды в гидроксил-ион сопровождается выделением водорода. Этот процесс характерен для стадии катагенеза осадка или метаморфизма, поэтому содержание потенциальной воды свойственно амфиболом, слюдам, хлориту /II/. Присутствие потенциальной воды в составе метаморфогенных минералов способствует снижению температуры реакции при анатексисе. При переплавлении перечисленных осадочных пород потенциальная вода возвращается в гидросферу в виде минерализованных вод или рудоносных гидротерм.

Работу, совершаемую в литосферном цикле, количественно оценить трудно, но геологическое значение литосферного цикла бесспорно.

К о с м и ч е с к и й цикл водорода рассмотрим с известного предположения о потоке нейтрино, падающем на Землю из космического пространства. Обладая беспрецедентной проникаемостью, космические нейтрино пронизывают планету до внутреннего ядра, где инициируют образование протонов. Новорожденные протоны диффундируют во внешнее ядро, там принимают по паре электронов и в виде гидридного водорода (H^-) вступают в химические реакции, образуя гидриды железа, кремния и других металлов. От гидридного ядра Земли берут начало те процессы, которые рассмотрены в работе /20/.

Бескислородные соединения металлов (гидриды, карбида, нитриды), как показали исследования /17 - 19/, взаимодействуют с силикатами с большим тепловым эффектом и выделением летучих компонентов (SiO_2 , SO , NO , H_2 , CH_4 , NH_3 и др.).

По предположению, такие реакции имеют место в переходной зоне ядро - мантия, а в продуктах реакций должны быть (или образовываться на путях миграции) карбонилы металлов и другие летучие соединения, выносящие рудные компоненты.

Тепло и газовые продукты реакций создают восходящий поток конвекционных ячеек в мантии, выносящий в земную кору глубинные компоненты. В пределах земной коры выносимые вещества трансформируются в минеральные образования, в том числе иеритальную воду, впервые вступающую в перечисленные выше циклы.

Фотохимические реакции в атмосфере и (или) другие процессы, в которых вода выступает в роли окислителя, сопровождаются

восстановлением водорода, который не удерживается в поле тяготения Земли и диссипирует в космическое пространство. Дальнейшая судьба ускользавшего водорода не прослежена. Известно, что взамен диссипирующего водорода из космического пространства на Землю возвращаются потоки космических частиц. В этом смысле космический запас водорода можно считать неземным, если не предполагать, что рождение космических частиц связано с трансформацией ускользнувшего с Земли водорода.

3.2. Роль водорода в геологической истории Земли

Геологическая история начинается с формирования земной коры и обособления геосфер. Как только образовалась вода и гидросфера обособилась от литосферы, началась борьба суши и моря, вступил в силу атмосферный круговорот водорода, получила развитие переработка минеральных веществ в водной среде.

Первое звено в цепи превращений минеральных веществ во взаимодействии с водой связано с тонким и сверхтонким измельчением горных пород в водной среде. Механическое разрушение и измельчение горных пород есть непрременная стадия переработки минерального вещества в гипергенезе. Разрушение и измельчение проявляются в различных формах выветривания, наблюдаются при транспортировке материалов текучими водами и ветром, однако в максимальных масштабах эти процессы протекают в волноприбойной зоне моря, где день и ночь гремит не умолкая грандиозная галечниковая мельница.

Измельчение не есть только простое механическое уменьшение размеров частиц материала. Это сложный физико-химический процесс, во время которого возрастает энергетический потенциал вещества, перестраивается его структура, увеличивается химическая активность и во многих случаях даже изменяется элементный состав. Измельчение сопровождается переходом механической энергии движения тел в молекулярное движение, дифференцируемое на тепло, свет, электричество и т.д. Результаты детального изучения превращений минеральных веществ при тонком измельчении опубликованы в работах /22, 24/. Необходимо отметить, что при измельчении минеральных веществ в воде имеют место гидратация и химическое взаимодействие, в котором вода выступает как окислитель.

Реакции активированных измельчением минералов, содержащих сульфидную серу и (или) закисное железо, протекают с выделением водорода.

Если принять состав протопланетного вещества в соответствии с представлениями В.В.Кесарева /13/, то первичная земная кора должна быть представлена породами, по составу близкими к базальтам, а первичные морские воды – щелочные. При отсутствии речного стока основное взаимодействие суши и моря протекает в волно-прибойной зоне. Перемивание базальтовых пород щелочными (горячими?) водами приводило к обогащению воды ионами Fe^{2+} и кремнеземом в различных формах его растворения.

Первичная атмосфера Земли, по мнению ряда исследователей /5, 12, 27 и др./, была обогащена парами воды, аммиаком, водородом, оксидом и диоксидом углерода. Принимая эти исходные вещества, путем несложных химических преобразований (большая часть проверенных экспериментально) нетрудно получить уксусную, муравьиную, щавелевую, янтарную и другие органические кислоты, от которых производятся аминокислоты и порфирины. От порфиринов к гемму, хлорофиллу и гемоглобину путь известен, и наличие в воде ионов Fe^{2+} , выделенных при переработке базальтоидов, обеспечивает направленность этого процесса. Включение иона Fe^{2+} в порфириновое кольцо представляет первостепенную стадию усовершенствования органических соединений, играющих важнейшую роль в метаболизме живых существ. Ион железа является катализатором при разложении оксида водорода, но его активность ничтожна. Однако если этот ион входит в состав порфирина, т.е. образует гем, то его каталитическая активность возрастает в тысячу раз, а когда гем соединяется со специфическим белком, то его активность возрастает еще в миллион раз /12/. Эти реакции имеют исключительно важное значение в процессах обмена веществ и аккумуляции энергии живых организмов. Элементы переменной валентности (Fe, Cu, V) обладают способностью отрывать молекулу воды из ее координационной сферы и переводить водород на уровень перекисы водорода с освобождением электрона. Сопрежение фотохимического окисления $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, $Cu^+ \rightarrow Cu^{2+}$ и $V^{3+} \rightarrow V^{4+}$ с дегидрированием ортофосфата и превращением его в пирофосфат приводит к накоплению энергии в системе. Особо подчеркнем, что такие реакции могут осуществляться в живой природе, а в даль-

нейшем могут быть заимствованы в готовом виде различными организмами и сохранились до настоящего времени.

Основные вопросы рассматриваемого этапа развития — это энергетические основы и физико-химические условия абиогенного органического синтеза из простейших неорганических соединений.

Экспериментальный синтез органических веществ из неорганических соединений, предположительно присутствовавших во внешних геосферах ранней Земли, осуществлен с применением различных источников энергии, а именно использованы тлеющий электрический разряд, местный ультрафиолет, радиационное излучение и т. д. Наши исследования физико-химических превращений минералов при тонком и сверхтонком измельчении позволяют предполагать еще одну возможность абиогенного образования органических соединений из простых минеральных веществ. Например, при совместном измельчении сульфидов с карбонатами образуются предельные углеводороды и целый ряд недиагностированных растворимых в воде органических соединений, люминесцирующих в УФ лучах. Абиогенный органический синтез в механохимических реакциях представляется нам наиболее вероятным способом образования тех веществ, раствор которых А. И. Опариным образно назван "питательным бульоном" для самых первых живых существ. Наше предположение основано на перечисленных далее экспериментально установленных фактах.

1. В процессе измельчения при ударе и трении в местах контакта твердых тел возникают условия не только для обычных химических реакций, но и для высокотемпературных и даже плазменных процессов.

2. Продукты высокотемпературных процессов сразу стабилизируются ("закаляются") в холодной среде.

3. В механохимических реакциях при измельчении твердых тел участвуют и жидкая среда, и газовая фаза, поэтому число возможных комбинаций неизмеримо возрастает в сравнении с реакциями в газовой смеси.

4. Удар и трение порождает тепло, электричество и целый спектр электромагнитных волн, что является причиной образования веществ, обычный синтез которых протекает в фотохимических, электрохимических и тому подобных реакциях. Если предполагать, что механохимический синтез в первичных морях протекал в водноприбойной зоне, то следует добавить еще несколько соображений

в пользу данной гипотезы: 1) в волноприбойной зоне контактируют вещества трех геосфер; 2) энергия волн в состоянии обеспечить любые эндотермические реакции; 3) дифференциация продуктов реакций в твердой, жидкой и газовой фазе и, что особенно важно, в пене создают исключительно благоприятные условия для сепарации синтезируемых веществ; 4) высокая каталитическая активность и реакционная способность свежесформированных поверхностей тонкодисперсных минеральных частиц способствует органическому синтезу.

Как общий итог развития вещества Земли на данном отрезке геологического времени следует считать абиогенный синтез органических веществ и накопление питательного бульона со всеми жизненно необходимыми веществами в их числе: аминокислоты, сахара, белки, жиры... Рассматривая историю Земли в традиционном разделении, следует считать правильным название данного этапа — азойская эра. Роль водорода на данном этапе развития вещества Земли состоит в работе атмосферного и литосферного круговоротов, в процессе которых имеет место гидратация минералов с последующим выделением свободного водорода при образовании метаморфических минералов, содержащих гидроксильную группу. Выделение свободного водорода в процессах окисления минеральных веществ и дегидратации минералов создает и определяет условия абиогенного синтеза органических веществ питательного бульона.

В соответствии с общим правилом минимизации свободной энергии, абиогенно синтезированные органические молекулы сбиваются в коацерваты. Начинает проявляться специализация молекул: поверхностный слой функционирует в режиме обмена веществ и энергии с окружающей средой, а внутренние части принимают на себя обязанности усвоения и аккумуляции энергии. В конечном счете формируется клетка. Клеточное строение всего живого — столь же характерная особенность, как кристаллическое строение свойственно царству минералов. На наш взгляд, то и другое есть проявление общего закона минимизации свободной энергии с целью максимального увеличения запаса внутренней энергии.

Со временем оформляются другие признаки, свойственные живым организмам. Жизнь характеризуется набором признаков, таких как обмен веществом и энергией, рост, размножение, раздражимость, автокатализ, передача наследственных признаков и т. д. Почти каждый из них в отдельности может проявляться в неживой природе.

Например, вегетативное размножение растений черенками и выращивание кристаллов из зародышей имеют много общего в проявлении роста и передачи наследственных признаков; как из черенка ивы вырастет именно ива, так и из обломка кварца вырастет именно такой же кварц.

Живое отличается от неживого только тем, что все признаки одновременно проявляются в одной системе.

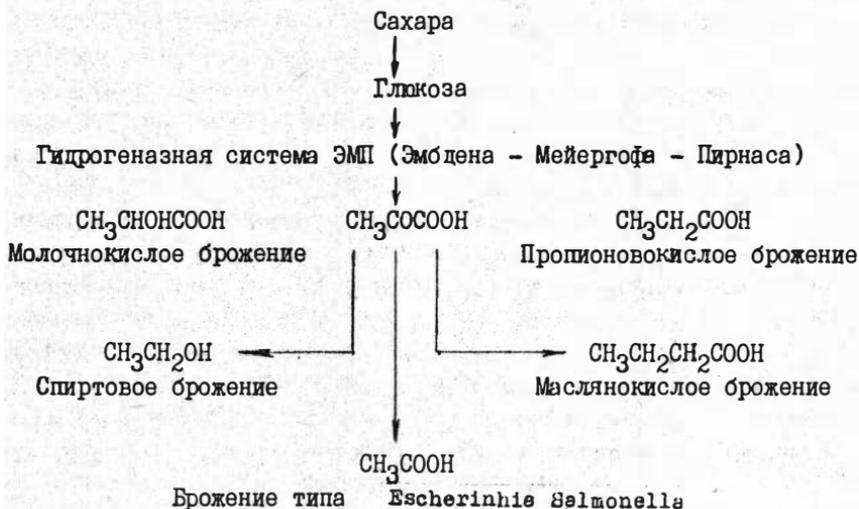
Добиологическая история органического мира, по мнению ряда ученых /5, 27/, развивалась в восстановительных условиях при избытке водорода и водородных газов (метан, аммиак) в атмосфере. К этому общепринятому мнению добавим, что генерация водорода и водородных газов обеспечивалась развитием вещества лито- и гидросфер в непрерывной борьбе суши и моря. Энергия волн — основа эндотермических реакций, инициированных механическими силами. Окисление минералов во взаимодействии с водой в гипергенезе и дегидратация водонасыщенных осадков в литогенезе обеспечивали непрерывное обогащение атмосферы свободным водородом. Ускользание водорода из поля тяготения Земли определяли направленность развития геосфер. Потеря водорода, фотохимическое окисление аммиака (и метана?) приводили к постепенному обогащению атмосферы азотом и CO_2 . Уменьшение парциального давления водорода с одновременным повышением давления CO_2 существенно сказывались на условиях седиментации и ионном составе вод Океана. Первичные щелочи замещаются карбонатами калия и натрия.

Характеризуя в целом этот этап развития, отметим, что благодаря высокой активности свободного водорода органическое вещество структурировалось и приобретало признаки живых организмов, поэтому рассмотренный отрезок геологического времени называют эозоем.

Следующий этап развития органического мира начинается с появления одноклеточных прокариотов, а затем и эукариотов. В отсутствие свободного кислорода получили развитие только строгие анаэробы. Ввиду отсутствия системы синтеза аминокислот первичные организмы были аминокетотрофами, способными жить только в условиях среды, содержащей аминокислоты в готовом виде. Современным аналогом первичных аминокетотрофов являются гонокки.

Обмен веществ первичных организмов, развивающихся в питательной среде, основан на функциях гидрогеназной системы, способной

выделять или поглощать молекулярный водород. Простейшие организмы черпали энергию путем анаэробного брожения при разложении абиогенно синтезированных питательных веществ. (Следующее ниже изложение вопросов биохимии представляет компиляцию ряда публикаций, в числе которых главную роль играет работа /26/.) На основе изучения процессов брожения выделяют несколько типов обмена веществ и выработки энергии для жизнеобеспечения. Они представлены приведенной ниже схемой.

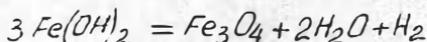


Гомоферментативное молочнокислое брожение является самым примитивным и, надо полагать, более ранней формой метаболизма, из которой развилось маслянокислое брожение после появления новых звеньев в цепи обмена веществ.

Гидрогеназная система сыграла важную роль в повышении энергетической эффективности брожения. Окислительно-восстановительный потенциал системы при участии анаэробных бактерий в зависимости от энергетической эффективности их жизнеобеспечения лежит в пределах от $-0,42$ до $+0,05$ В /I/. Новой ферментативной системой с более высокой способностью к окислению органических питательных веществ стала гидрогеназная система, содержащая ион тяжелого металла и сопряженная с пирилинуклеотид-кофакторными системами, которые играют роль переносчиков водорода в процессе, осуществляемом системой ЭМП.

Постепенное изменение состава атмосферы от первичной водород-метаново-аммиачной к азотно-кислородной и снижение щелочности вод Океана при поглощении CO_2 стали причиной выпадения в осадок оксидов железа и кремния. Глобальное осаждение железистых кварцитов, продолжительность процесса и масштабы накопления железных руд данного генезиса – все это представляется важным в истории Земли. Время накопления железистых кварцитов продолжительностью около 800 млн лет укладывается между родезийской и беломорской эпохами диастрофизма. Характерные отложения указанного отрезка времени – кластические и карбонатные железистые сланцы с органическим веществом, железорудные сланцы и кварциты, конгломераты и аркозы. Не менее половины указанных пород насыщены оксидами железа, концентрация которых нередко отвечает требованиям промышленности, предъявляемым к железным рудам. О масштабах рудообразования этого времени свидетельствуют запасы железных руд, только разведанная часть которых превышает $3 \cdot 10^{12}$ т /2/.

Общая масса осадочных пород, не перешедших в ранг метаморфических, составляет $14 \cdot 10^{17}$ т /6/. Не будет большим преувеличением предположение, что некоторая существенная часть железистых кварцитов (может быть, даже соизмеримая с сохранившейся) приняла участие в глобальном материально-энергетическом обмене между корой и мантией. Механизм такого обмена вполне допустим. Изменение рН морских вод послужило причиной массового биохимического осаждения оксидов железа и кремния, которые до этого находились в растворенном состоянии. Железо, как это наблюдается в опытах, выпадает в осадок в виде гидрата закиси, а кремний – в виде гидратированного аморфного кремнезема. Осажденный гидрат закиси железа представляет рыхлый осадок, который сразу же превращается в магнетит по реакции



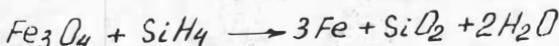
Выделяющийся водород частично вырывается и всплывает пузырьками, а частично лишь выпучивает поверхность осадка.

Нетрудно представить, что такой процесс в природе будет способствовать развитию железоосаждающих бактерий, подобных современной флоре, которая способствует образованию так называемых "болотных руд". Выделяющийся водород – благоприятный фактор для развития специфических бактерий.

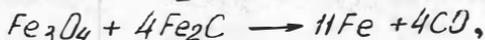
Химический процесс осаждения железа из раствора, интенсифицированный бактериями, приведет к тому, что все железо из всей массы водного бассейна сконцентрируется в узко локализованную залежь, приуроченную к пелагической части моря.

Увеличение плотности осадка вследствие превращения гидрата закиси железа в магнетит создает концентрированную нагрузку, под действием которой океаническая кора начинает прогибаться, причем прогиб ложа бассейна будет способствовать наращиванию мощности осадка железистых кварцитов. Блок железисто-кремнистых пород начнет свое погружение в мантию, причем плотность погружающихся пород будет непрерывно повышаться по мере кристаллизации, дегидратации и потери летучих компонентов.

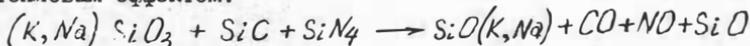
Погружающийся блок по составу существенно железисто-силикатный со значительной примесью пирокластического материала. Превращения пород погружающегося блока определяются химическими реакциями взаимодействия оксидов и силикатов с глубинными восстановителями – бескислородными соединениями типа гидридов, карбидов и нитридов. Главные реакции глубинного энергетического очага



(разумеется, что SiO_2 и H_2O в этих условиях разлагаются),



Среди экзотермических реакций глубинного очага особо следует выделить реакции силикатов с бескислородными соединениями железа и кремния. Эти реакции активно (до взрыва) протекают при температуре 600 – 1000 °С и характеризуются исключительно высоким тепловым эффектом:



Продукты реакций: нагретые до высокой температуры летучие компоненты (в том числе SiO) и капельножидкое железо. С погружением "капли" тяжелого железа вниз, к ядру, и с подъемом легких

компонентов вверх, в атмосферу (а может быть, и в кору), Н.Л.Добрецов /9/ связывает глобальные петрологические процессы. Необходимо отметить, что выдвигание железа в приповерхностных горизонтах Земли как механизм формирования железного ядра обсуждался и ранее /9/, но только в виде догадок и предположений. Предложенный механизм объясняет процесс в соответствии с высказанными предположениями и одновременно подкрепляет утверждение В.И.Вернадского об участии биосферы в формировании гранитного слоя в земной коре – биогенно осаждаемый кремнезем железистых кварцитов через мантию возвращается в кору. Выделение литогенного водорода при формировании железистых кварцитов по реакции превращения гидрата закиси железа в магнетит и при дегидратации кремнезема и одновременное обогащение атмосферы углекислым газом – продуктом анаэробного брожения – послужили основанием изменения окислительных функций биосферы. Гидрогеназная система, функция которой была ограничена исключительно отдачей электрона в брожении, приобрела способность активировать свободный водород и переносить его на различные акцепторы.

С другой стороны, углекислота, которая выделялась в атмосферу, богатую водородом, открыла возможность живым организмам приобрести способность к усвоению CO_2 . На Земле возникла гетеротрофная ассимиляция CO_2 , основанная на активации свободного водорода. При развитии способности активировать молекулярный водород получила развитие хеморедукция, а с нею связано образование вторичных сульфидов и отложений элементарной серы при биогенном восстановлении сульфидов.

Интенсивная ассимиляция углекислоты привела к снижению ее содержания в атмосфере. В связи с этим изменился спектр солнечного света, падающего на Землю. Это способствовало появлению пигментов, которые участвуют в фотохимической ассимиляции CO_2 ; появились организмы, использующие фоторедукцию. С появлением фоторедукции связано заметное обогащение атмосферы кислородом. Атмосфера в своем развитии еще приблизилась к современной.

Формирование кислородной атмосферы Земли – настолько знаменательный этап в развитии живого и косного вещества, что на генезисе свободного кислорода следует остановиться детальнее. Прежде всего отметим, что весь атмосферный кислород – продукт разложения воды и его накопление обусловлено мобилизацией водорода в соответствующих природных процессах. Главным среди них

следует признать биогенный синтез органических веществ и их захоронение в недрах. "Если бы углерод (и, на наш взгляд, связанный с ним водород) не выбывал из жизненного цикла в виде углеводородов, углей, битумов, графитов или карбонатов кальция, свободного кислорода не существовало бы вовсе" /3. С. 207/. Таким образом, генезис свободного кислорода в природе и его накопление в атмосфере напрямую связаны с мобилизацией водорода воды в органическом синтезе (или ее фотохимическим разложением в верхних слоях атмосферы).

Повышение парциального давления кислорода способствовало обогащению морских вод сульфатными солями за счет биогенного и абиогенного окисления сульфидов. Появление сульфидов свидетельствует о том, что Eh среды приблизилось к $Eh \approx +0,20$ В.

Осаждение оксидов Fe^{2+} уступает осаждению соединений трехвалентного железа, и джеспиллиты исчезают из наборов осадочных пород.

Изменение состава атмосферы неизбежно влечет за собой изменение обмена веществ. При наличии свободного водорода ассимиляция CO_2 протекала по схеме



При отсутствии свободного водорода фотохимическая ассимиляция CO_2 протекает по другой схеме:



Начинается время интенсивного обогащения атмосферы кислородом. Вместо свободного водорода в механизм природного органического синтеза включается вода.

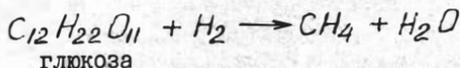
Как основные итоги архейско-протерозойского интервала времени, связанного с накоплением железистых кварцитов и их ассимиляцией, сводятся к следующему. Происходит дальнейшее уменьшение центрального ядра и рост внешнего ядра. Кремнезем переплавленных джеспиллитов с восходящими потоками конвекционных ячеек в мантии вынесен вверх и пополнил земную кору. Видимо, с этим связано формирование гранитного слоя в коре континентального типа. Биохимическое осаждение гидрата закисного железа и кремнезема из водных растворов сопровождалось восстановлением водорода; это была, видимо, самая границная эпоха генерации водорода в литогенез. По самым скромным подсчетам /22/ количество

выделившегося водорода составило 13×10^{14} т. Выделение свободного водорода стимулировало хемотрофную ассимиляцию CO_2 и интенсивный рост биомассы.

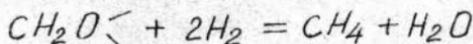
Взросшая биомасса дает начало черным битуминозным сланцам. Захоронение биомассы в виде битумов означает исключение из биосферного цикла некоторого количества углерода и связанного с ним водорода, что является причиной обогащения атмосферы Земли свободным кислородом. Кислородная атмосфера обеспечивает дальнейшее развитие органического мира вплоть до появления скелетных форм. Появление скелетных форм знаменует новый этап развития органического мира. Столь высокоорганизованные создания могли появиться только после совершенства механизма обмена веществ. Обмен веществ, основанный на гидрогеназной системе, подавляется свободным кислородом, причем инактивация происходит не вследствие окисления, а путем присоединения кислорода, подобно тому как это происходит в процессе переноса кислорода гемоглобином. Иначе говоря, принципиальные основы этого механизма обмена веществ уже имелись в зачатке, но еще не были полностью реализованы аэробными организмами.

Развитие гидрогеназной системы на новом этапе состояло в объединении ее с ферментативными системами и привязкой к определенным частицам клетки.

Появление подвижных скелетных организмов (трилобитов) свидетельствует о том, что получил развитие механизм дыхания, отделенный от питания. Исходя из общей логики развития уместно предположить, что первичным был механизм дыхания, основанный на водороде, по схеме сохранившейся в измененном виде у современных метанообразующих бактерий:



или схематично



Хотя этот процесс энергетически не такой выгодный, как кислородное дыхание, но достаточно эффективный, а по своей сущности лежит ближе к метаболизму примитивных анаэробов, и поэтому есть основания предполагать, что именно этот механизм был использован трилобитами.

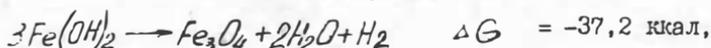
Особенности строения тела трилобитов также дают основание предполагать, что они дышали водородом. Наблюдения над характером выделения водорода из ила, полученного путем тонкого измельчения базальта (или минералов, богатых FeO), позволили отметить типичную особенность: пузырьки водорода вздувают иловой осадок и не сразу вырываются в покрывающую волю. Наползая на такие пузырьки, трилобиты собирали водород под глабелью для дыхания.

Этот вид дыхания мог сохраниться на протяжении всего палеозоя и стал причиной гибели водороддышащих организмов в конце эры вследствие повышения парциального давления кислорода.

Появление кислорода в атмосфере коренным образом изменило многие геологические процессы. Если до этого основным (главным и единственным) механизмом окисления минеральных веществ в седиментогенезе было взаимодействие с водой по схеме



с выделением свободной энергии (ΔG) = -10,5 ккал



то при наличии свободного кислорода - по реакции



тепловой эффект которой $\Delta G = -184,0$ ккал.

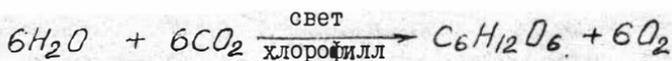
Изменился и порядок окисления сульфидной серы. Если до этого имели место реакции, протекающие в восстановительных условиях, такие как $HS^- \rightarrow S^0$ (потенциал реакции $Eh^0 = -0,27$ В) и $H_2S \rightarrow S^0$ (потенциал реакции $Eh^0 = -0,24$ В), то при наличии кислорода процесс идет до сульфат-иона:



В органическом мире с появлением кислорода замыкаются биосферные круговороты кислорода, водорода и углерода на основе фотосинтеза и аэробного дыхания. При фотосинтезе имеет место синтез органических соединений из CO_2 и H_2O :



(звездочкой отмечен кислород воды, который выделяется в атмосферу). Этот процесс идет у фитотрофов с аккумуляцией солнечной энергии. Конкретно синтез целлюлозы по схеме



сопровождается накоплением 674 ккал.

При дыхании, гниении и горении, т.е. по завершении биологического цикла, вся накопленная энергия будет израсходована на жизнеобеспечение других организмов, а синтезированные органические соединения в конечном счете превратятся в те же исходные вещества: CO_2 и H_2O , причем весь выделившийся кислород будет утилизирован.

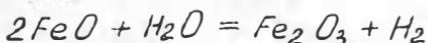
Накопление кислорода в атмосфере возможно (если не учитывать другие источники свободного кислорода) только в том случае, когда часть биомассы захороняется в недрах, т.е. выпадает из биосферного цикла и вступает в литосферный круговорот.

Литосферный круговорот органических веществ (и входящего в их состав водорода) представляет большой геологический интерес, так как с ним связано образование горючих полезных ископаемых.

Биомасса, представленная кислородсодержащими соединениями, например целлюлозой, претерпевает ряд превращений. На первых порах идет потеря кислорода в процессе лекаробоксилирования, т.е. выделения CO_2 . Далее, если процесс начнет развиваться по линии ульефикации, то пойдет деметаксилирование, т.е. выделение метана. Но если органические остатки попадают в условия, когда вода метастабильна и имеет тенденцию разлагаться с выделением водорода, то пойдет совершенно другой процесс — нефтегазообразование. Превращение органических остатков в водород-генерирующих минеральных системах рассмотрено в работе /23/. И в том и в другом случае превращения захороненной органики в недрах сохраняется простое соотношение между количеством кислорода в атмосфере и массой захороненного органического биогенного вещества.

Генерация водорода, обусловленная взаимодействием воды с окисляющимся минеральным веществом, претерпела серьезные изменения. Если во время накопления железистых кварцитов выделение водорода протекало в момент седиментации, то в фанерозое процесс восстановления водорода переместился в толщу осадочных пород и связан с более поздними стадиями литогенеза. Количество водорода, восстановленного при окислении водой минерального вещества магматогенных пород при их превращении в осадочные породы, подсчитать не трудно. Из сравнения валового состава магма-

тических и осадочных пород известно, что образование I т осадочной породы сопровождается окислением 12,07 кг FeO /32/ или 7 кг /6/. Далее, по уравнению



находим, что образование I т глинистого сланца – основного носителя оксидов железа – сопровождается разложением 1,8 кг воды и восстановлением 0,1 кг водорода /6/ или 0,17 кг /32/.

Масса осадочных пород фанерозоя, концентрирующих оксиды железа, известна по сводке /6/. Остается перемножить две цифры для получения массы восстановленного водорода:

$$\frac{13400 \times 10^{14}}{1000} \times 0,1 = 134 \times 10^{12} \text{ т (по данным работы /6/)}$$

или

$$\frac{13400 \times 10^{14}}{1000} \times 0,17 = 227,8 \times 10^{12} \text{ т (по данным работы /32/)}.$$

Переход процесса восстановления водорода из зоны гипергенеза в недра и в зону диагенеза или даже катагенеза создает условия для гидрогенизации органических остатков в толще осадочных пород, или, иными словами, в литогенезе складываются условия нефтегазообразования.

На основании изложенного выше самая древняя органогенная нефть вряд ли может быть древнее рифея, хотя черносланцевые битуминозные отложения имеются в протерозойских толщах.

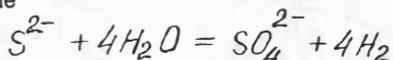
В соответствии с нашими представлениями о генерации водорода в литогенезе можно предполагать корреляционную связь между масштабами восстановления водорода и нефтегазонакоплением. По приведенным в работе /22/ расчетам генерации водорода по интервалам стратиграфической шкалы фанерозоя получается, что нефтегазообразование наиболее интенсивно должно было протекать в миоцене, эоцене, верхнем и нижнем мелу, во всех трех отделах юры и верхнем триасе, в карбоне, верхнем и среднем девоне и ордовике. Эти выборки интервалов примерно соответствуют распределению запасов нефти и газа по возрасту вмещающих пород.

Если бы генерация водорода в литогенезе была бы связана только с окислением закисного железа, а синтез углеводородов – только с гидрогенизацией органических остатков, то можно было бы подсчитать вероятные общие запасы углеводородного сырья в оса-

дочных породах континентов. Но генерация водорода связана с окислением других элементов, среди которых главное место занимает сульфидная сера, а синтез углеводородов в природе основан не только на гидрогенизации биогенных остатков: не менее важную роль играет карбонатный углерод. Синтез углеводородов при взаимодействии сульфидов с карбонитами рассмотрен на экспериментальном материале /23/. В данной работе обращается внимание на последовательность развития геологических процессов и обсуждается роль водорода в развитии живого и косного вещества Земли. Соответственно требуется выяснить, когда стало возможным окисление сульфидной серы до сульфатной, и оценить масштабы выделения водорода в связи с сульфатообразованием.

Выше было отмечено, что окислительно-восстановительный потенциал реакции $S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ равен $E_{h^0} = +0,20$ В. В общем ряду развития окислительных функций биосферы возрастание потенциала E_{h^0} при pH = 7 с отрицательных значений переходит к положительным вблизи пункта Пастера, т.е. когда содержание кислорода в атмосфере составило 0,5 % от современного. С этого момента становится возможным образование и устойчивое сохранение сульфат-иона. По совокупности всех минералов пункт Пастера был преодолен в конце археозоя или начале протерозоя, когда ионы тяжелых металлов (Fe, V, Cu) были включены в состав гема.

Окисление сульфид-иона до сульфат-иона протекает в водной среде по схеме



Образование 1 т сульфат-иона сопровождается разложением 0,75 т воды, освобождением 0,08 т водорода и утилизацией 0,742 т кислорода. Количество сульфатных пород в отложениях палеозоя подсчитано М.А.Жарковым /16/. На основе его данных проведен подсчет генерации водорода по стратиграфическим интервалам и в сумме. Проведенный расчет показывает, что для образования сульфатных отложений палеозоя потребовалось $755,4 \times 10^{12}$ т кислорода, который заимствован у воды с освобождением $90,2 \times 10^{12}$ т водорода.

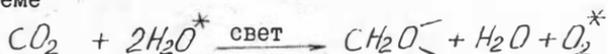
Кроме сульфатных отложений имело место накопление сульфат-иона в морских водах. Морская вода содержит 2,65 г/л сульфат-иона. Объем морских вод $1,37 \times 10^{21}$ л. Отсюда общее количество сульфат-иона в водах Мирового океана $\sim 4 \times 10^{15}$ т. Образование

такого количества сульфат-иона, протекая по описанной схеме, должно сопровождаться мобилизацией кислорода из $\sim 3 \times 10^{15}$ т воды и восстановлением водорода в количестве 340×10^{12} т.

Следует отметить, что генерация водорода в связи с сульфато-накоплением не может быть привязана к временному интервалу. Окисление сульфидной серы могло произойти в зоне выветривания, сульфат-ион сколько угодно долго мог находиться в растворе и много позднее выпасть в осадок.

Следует также отметить, что не имеет смысла разделять сульфат-ионы, образованные с участием воздушного кислорода, от ионов, образованных непосредственно при окислении сульфидов водой, так как весь кислород воздуха образован при разложении воды.

Масштабы разложения воды и мобилизации водорода в процессе формирования кислородной атмосферы можно подсчитать, если принять, что его выделение обусловлено исключительно при фотосинтезе по схеме



(кислород, отмеченный звездочкой, выделяется в атмосферу). Масса кислорода современной атмосферы Земли равна 1×10^{15} т. По приведенной химической реакции, отражающей принципиальную схему обмена веществ фитотрофов, получается, что образование кислородной атмосферы сопровождалось разложением воды в количестве $1,12 \times 10^{15}$ т и мобилизацией водорода в количестве 120×10^{12} т. Указанное количество водорода вошло в состав синтезированных органических веществ и распределено в современной и захороненной биомассе. Количество водорода в биомассе живого вещества составляет всего $0,475 \times 10^{12}$ т, поэтому все 120×10^{12} т водорода следует считать захороненными в массе осадочных пород.

Сводный расчет количества водорода, связанного в природные органические соединения, составляет 1010×10^{12} т /22/, из них только 120×10^{12} т захоронено с биомассой, следовательно, остальные 890×10^{12} т водорода заимствованы в недрах в результате реакций воды с окисляющимся минеральным веществом. Проведенный ранее расчет суммарного количества водорода, выделенного при окислении минеральных веществ /22/, составляет $2109,2 \times 10^{12}$ т. В том числе 1300×10^{12} т водорода, выделившегося при образовании известняков и кварцитов при седиментации. Этот

водород лишь в незначительной части мог принять участие в органическом синтезе в литогенезе. После его исключения остается около 810×10^{12} т, что достаточно близко к 890×10^{12} т, тем более что в расчет генерации водорода принято лишь окисление FeO и сульфидной серы. Окисление других элементов, способных вытеснять водород при взаимодействии с водой и кислотами, внесет свою долю в общую генерацию водорода в литогенезе.

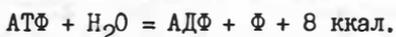
Роль водорода в развитии живого вещества в фанерозое предопределена предыдущей историей. Различные виды брожения, фотосинтез, дыхание возникли на одной общей основе – на основе процессов, осуществляемых системой ЭПМ; все они родственны между собой, определяются единым механизмом переноса электрона водорода и различаются лишь структурой и составом пигментов и ферментов. Бактерии, грибы и некоторые зеленые растения используют для переноса электрона порфириновую систему с ионом меди ($Cu^+ \rightarrow Cu^{2+}$), окислительный потенциал этой системы составляет $Eh^0 = +0,05$ В. Другие бактерии, грибы и зеленые растения, использующие ион молибдена ($Mo^{5+} \rightarrow Mo^{6+}$), имеют более высокий окислительный потенциал – $Eh^0 = +0,20$ В. Аналогично асцидии с "голубой кровью" на основе ванадия в кислой среде (pH = 1) в реакции $V^{3+} \rightarrow V^{4+}$ обеспечивают потенциал $Eh^0 = +0,38$ В. Аэробные организмы с гемом на основе железа при реакции $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ поднимают окислительный потенциал Eh^0 до $+0,37$ В. Самый высокий окислительный потенциал у зеленых растений с использованием для переноса электрона хлорофилл с $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{3+}$ ($Eh^0 = +1,09$ В).

Изменение окислительных функций биосферы в фанерозое связано с участием различных металлоферментов и изменением среды обитания или изменением используемых питательных веществ. Если в протерозое живые организмы черпали энергию из окружающей среды посредством хемотрофии при окислении S^{2-} и S^0 , NH_4^+ и Fe^{2+} при участии ферментов с геминным железом, то окислительный потенциал системы лежал в пределах $+0,3 - +0,44$ В. Для фотосинтеза с разложением воды Eh^0 должно было подняться до $+0,82$ В, для чего требовались сложные циклы ферментативных реакций.

Приспособления голосеменных к использованию более яркого света при фотосинтезе потребовало локализации окислительных функций в отдельных органах и более сложного сопряжения пигментов с белками.

Возрастание специфичности металлоферментов привело к ускорению темпов окисления, свойственных кайнозойским организмам.

Механизмы обмена веществ развились, усложнились и приспособились к усвоению разнообразных питательных веществ. Однако независимо от того, что составляло пищевой рацион клетки, неизменно в качестве промежуточных продуктов образуются кислоты – молочная, пировиноградная и уксусная (или их соли). Молекулы промежуточных продуктов вовлекаются в круг реакций, называемых циклом Кребса, в результате которых отщепляется водород, двуокись углерода и образуется молекула аденозинтрифосфата (АТФ). АТФ под влиянием ферментов подвергается гидролизу с образованием аденозиндифосфата (АДФ) и фосфата (Ф):



Эта реакция обратима: образование АТФ идет с поглощением энергии; энергия аккумулируется и выделяется при гидролизе АТФ.

Водород, который отщепился от кислот при синтезе АТФ, сначала переходит к активной части фермента, относящегося к группе дегидрогеназ. Далее водород отдает электрон, превращаясь в ион H^+ . Поток электронов направляется к цитохромам. Цитохромы содержат ионы железа в виде гема, строение которого рассмотрено выше. Ион Fe^{3+} , получая электрон, превращается в Fe^{2+} . Таким образом электрон от донора (водорода) перетекает к акцептору – к кислороду. Течение электронов обусловлено разностью потенциалов: потенциал исходных веществ выше потенциала воды. Вся цепь может быть представлена электрической схемой, на одном конце которой водород исходных органических кислот отдает электрон, а на другом конце кислород воды приобретает электроны. Каждая пара электронов, прошедшая по этой цепи к кислороду, может произвести работу около 51 – 55 ккал/моль, при этом образуется три молекулы АТФ, что соответствует накоплению энергии около 180 ккал.

Солнечная энергия, аккумулированная фитотрофами при использовании водорода как донора электронов, лежит в основе питательной цепи всех живых существ. Нетрудно видеть прямую наследственную связь между примитивными организмами и самыми совершенными, которая прослеживается по роли водорода в механизмах обмена веществ.

Как основные итоги развития живого и косного вещества Земли в фанерозое можно отметить следующее: а) становление механизмов фотосинтеза на основе солнечного излучения, близкого к современному, и аккумуляцией солнечной энергии через питательную цепь, в которой водород — донор электронов, а кислород воды — акцептор электронов; б) формирование биосферного круговорота водорода и замыкание биосферы по кислороду, который может выделяться в атмосферу только по мере накопления органических остатков в литосфере; в) генерация водорода, обусловленная окислением минеральных веществ во взаимодействии с водой, которая ранее протекала преимущественно в седиментогенезе, переместилась в недра и стала существенным процессом на стадиях литогенеза, метаморфизма и даже анатексиса; г) выделение свободного водорода в литогенезе изменило условия трансформации fossilized органических остатков: их гидрогенизация стала существенной формой превращения органических (биогенных) веществ в углеводородное сырье; д) замыкается литосферный круговорот водорода через морские гидратированные осадки, трансформирующиеся в кристаллические сланцы и парагнейсы.

Как видно из приведенного описания этапов развития вещества Земли, роль водорода все время изменяется, но неизменно водород оказывается главным "действующим лицом" геопозии.

Принцип минимизации свободной энергии как средства максимального прироста внутренней энергии природных систем прекрасно иллюстрируется рассмотренным процессом развития и совершенствования систем обмена веществ на основе водорода. Первой реакцией, играющей едва ли не самую главную роль в развитии вещества Земли, была реакция образования воды. И эта реакция лежит в основе всех процессов метаболизма. Абиогенный синтез первичных питательных веществ (питательного бульона) основан опять-таки на реакциях образования воды и водорода при окислении гидридов, карбидов и нитридов; отсюда три главных элемента живого вещества: водород, углерод и азот.

Синтез аминокислот, с которыми связаны коды наследственной информации, предшествовал зарождению жизни. Первыми организмами были амингетеротрофы, не способные синтезировать собственные аминокислоты и пользующиеся готовыми питательными веществами.

Отсутствие свободного кислорода и наличие свободного водорода предопределило пути развития первых организмов, которые черпали энергию посредством усвоения карбинового и органического углерода и свободного водорода. Водородное дыхание с выдыханием метана — начальный вид обмена веществ, сохранившийся до сих пор у метанообразующих и железоосаждающих бактерий. С накоплением внутренней энергии живых систем связано их совершенствование в направлении интенсификации окислительных функций биосферы. Окислительный потенциал металлоферментов непрерывно возрастает на протяжении всей геологической истории Земли и приводит к тому, что биосфера становится одним из главных факторов геологических процессов.

Интенсификация окислительных функций биосферы связана с формированием кислородной атмосферы, причем само обогащение атмосферы кислородом обусловлено фоссилизацией органических остатков и исключением водорода (связанного с углеродом) из биосферного цикла. Так в самых общих чертах вырисовывается роль водорода в геологической истории Земли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реконструкция геологического прошлого планеты и ретроспективный анализ развития живого и косного вещества Земли представляет собой сложную проблему, подходы к которой почти не разработаны методологически.

Принцип актуализма как метод, при котором к познанию геологических процессов в прошлом Земли идут от изучения современных процессов, имеет существенные ограничения. Его применение оправдано в тех случаях, когда изучаются физико-химические процессы, ибо предполагается, что химические свойства элементов и физические константы веществ не изменялись на протяжении геологической истории Земли. Однако сами геологические процессы изменялись весьма существенно.

Принцип униформизма, если его понимать как выражение теории, согласно которой в геологическом прошлом действовали те же силы и с той же интенсивностью, как в настоящее время, отражает

лишь одну характеристику: действительно, на протяжении всей геологической истории Земли все явления природы обусловлены и протекают в поле сил гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий. Однако полагать, что их интенсивность и "главенство" действующих сил оставалось неизменным, было бы ошибочно.

Концепция, положенная в основу данной работы, опирается на представления о материи как веществе и физических полях. Базой рассуждений служат положения о процессах саморегуляции и самоорганизации, т.е. о тенденциях направленного развития всех существующих объектов к организации устойчивых материальных систем с функциональным взаимодействием между ее элементами. В соответствии с современным мировоззрением считается, что все явления природы протекают в рамках "общего поля" четырех главных взаимодействий: гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого.

Принимая во внимание, что водород – самый распространенный элемент Вселенной и непреходящий участник практически всех процессов на Земле, геохимия водорода взята в качестве стержневой основы теоретической геологии.

Теоретическая геология глобальных процессов по принятой нами концепции опирается на ряд положений, среди которых главным следует признать представления о направленности развития, обусловленной законом максимального увеличения внутренней энергии системы за счет минимизации свободной энергии и внешней работы. Этому закону подчиняются все реальные системы, развиваясь в направлении от газопылевого скопления в планету, от хаоса первозданной протопланеты к жизни и разуму. Развитие в направлении дифференциации вещества к его упорядоченности и структурной организации на Земле сопровождается ростом энтропии Вселенной, и в этом существенную роль играет диссипация водорода, который не удерживается в поле тяготения Земли. Диссипация водорода едва ли не самый существенный фактор, определяющий направленность развития живого и косного вещества нашей планеты.

В связи с этим следует отметить, что роль водорода изменялась на различных стадиях формирования планеты и преобразовании земного вещества.

Первая стадия связана с образованием элементов в недрах огромного по массе звездного сгущения, где термоядерный синтез элементов берет начало от водорода.

После взрыва звезды элементы (и, может быть, простые соединения) рассеиваются во Вселенной в виде газопылевых туманностей, в составе которых главенствует водород.

На стадии сгущения протопланетного облака, состоящего из веществ, смесь которых способна взорваться, жидкий водород (или водород при температуре кипения) служил ингибитором химических реакций и той средой, в которой произошло гравитационное разделение окислителей и восстановителей, что исключило взрыв смеси.

На стадии аккреции и становления Земли водород служил терморегулятором. Его испарение и ускользание в космическое пространство исключало переход системы "в разнос".

Гравитационное сжатие в процессе становления планеты в центральном ядре сгущения должно было перевести протопланетное вещество хотя бы частично в сверхплотное состояние. Водород был главным компонентом протопланетного сгущения, поэтому можно думать, что в ядре Земли содержится сверхсжатый водород. О фазовых превращениях водорода в сверхсжатом состоянии можно только догадываться по аналогии с другими веществами. Можно предполагать, что сжатие стимулировало переход водорода в твердое состояние или даже в сверхплотную укладку из одних только протонов.

Как бы то ни было, но работа гравитационного сжатия протопланетного сгущения перешла в потенциальную энергию сверхплотного ядра. Согласно первому закону термодинамики потенциальная энергия, аккумулированная в сверхплотном веществе, начинает реализовываться в работу фазовых превращений или преобразования (разуплотнение) вещества, увеличение его объема и перераспределения в пространстве в виде самостоятельных земных оболочек.

Сверхсжатое вещество ядра Земли — один из главных внутренних вещественно-энергетических источников, обеспечивших формирование планеты и продолжающих питать эндогенные геологические процессы. Наблюдаемый сегодня результат этой стадии развития — формирование ядра, мантии и внешних оболочек; начинается собственно геологическая история Земли.

После становления планеты развитие вещества связано с геохимическими циклами водорода. Условно нами выделяются атмосферный, гидросферный, биосферный, литосферный, мантийный и космический циклы водорода. С ними связаны материально-энергетические обмены между глобальными системами. Правило минимизации свободной энергии, принятое нами в концептуальной основе, означает стремление системы к замкнутым изоэнергетическим циклам, при которых изменение внутренней энергии системы равно 0, а произведенная системой внешняя работа численно равна количеству энергии, подведенной к системе, за вычетом произведения TS , где T - абсолютная температура и S - энтропия.

Внешняя (или полезная) работа геохимических циклов водорода есть работа, совершаемая в геологических процессах. Например, в атмосферном цикле водорода, вода, испаряясь с поверхности суши и моря, переносится ветром, выпадает в виде осадков на сушу и возвращается в Океан, отягощенная растворимыми веществами и обремененная твердыми частицами горных пород. Работа, совершаемая в этом цикле, заключается в формировании массы осадочных пород.

Работа геологических процессов, совершаемая в геохимических циклах водорода, может получить количественную оценку, но на данном этапе исследований наше внимание было приковано к логическому анализу последовательности развития событий в геологической истории Земли, непосредственно связанных с геохимией водорода. Особое внимание, естественно, уделено развитию органического мира и становлению биосферы - этого мощного субъекта геологического развития.

Роль водорода на стадии биологического развития органического мира сводилась к участию в абиогенном синтезе органических соединений, которые составили "питательный бульон" - субстрат жизни. Наиболее вероятным местом превращения безжизненного вещества в живое существо мы считаем волноприбойную зону моря, где одновременно контактируют твердые, жидкие и газообразные вещества, формируются в пене пленочные диафрагмы и непрерывно подводится механическая энергия волн, инициирующая эндотермические реакции. Водород, выделяющийся при взаимодействии воды с окисляющимся минеральным веществом (например, сульфидами), создает восстановительную обстановку - неперемное условие образования и сохранения органических соединений, а также первичных организмов.

С появлением живых существ биосфера становится важным фактором развития вещества Земли. По словам В.И.Вернадского, вся гранитная оболочка Земли есть следы былых биосфер.

Эта мысль В.И.Вернадского и развиваемые С.М.Григорьевым представления о росте коры континентального типа снизу по мере сноса терригенного материала (сверху) иллюстрируется в данной работе конкретным примером глубокого обмена веществ через мантию.

Биохимически осажденные из морских вод железистые кварциты после их погружения в мантию претерпевают глубокую переработку, похожую на выплавку металла и отделение шлака. "Выплавленное" железо погружается далее и увеличивает железное ядро Земли, а "шлаки", в составе которых главный компонент — оксиды кремния, восходящим потоком водородных газов выносятся из мантии, обогащают кремнеземом кору континентов, наращивая гранитный слой.

Выделение водорода при окислении минеральных веществ в водной среде на стадии седиментации — один из главных процессов развития земной коры в архее и протерозое. Эпоха накопления железистых кварцитов — время грандиозной генерации водорода, который определял условия преобразования вещества Земли. В биосфере в это время господствовали механизмы обмена веществ, основанные на усвоении свободного водорода. Водородное дыхание — важный этап в развитии органического мира, но в итоге оно оказалось тупиковой ветвью и в дальнейшем заместилось более выгодным кислородным дыханием.

Появление кислорода в атмосфере связано с разложением воды на основе фотохимических реакций и обусловлено мобилизацией водорода воды в органическом синтезе. Захоронение водорода с фосфорилированными органическими остатками создает тот "избыток" кислорода, который накапливается в атмосфере. По массе кислорода в атмосфере рассчитывается суммарное количество захороненного органического вещества. Как отмечал В.И.Вернадский, между количеством кислорода в атмосфере и органическим веществом в недрах должно быть простое численное отношение.

С появлением кислородной атмосферы процессы генерации водорода переместились в глубину. Если в период накопления железистых кварцитов трансформация $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ происходила в седиментогенезе и сопровождалась выделением водорода при формировании осадка, то на более поздних этапах развития вещества Земли генерация водорода связана с окислением FeO при образовании осадочных пород в литогенезе.

Водород в развитии вещества Земли

Стадия	Этапы	Основные события	Роль водорода
Дола- нетная	Вакуумный	Виртуальный переход энергии в поле, а поля – в элементарные частицы. Появление элементарных частиц и атомов водорода	-
	Астральный	Синтез химических элементов в термоядерных процессах	Водород – основа синтеза и главный энергетический источник
	Протопланетное сгущение	Гравитационное сжатие газопылевого облака. Появление простых химических соединений	Аккумуляция энергии гравитационного сжатия с переходом водорода (и других элементов) в сверхплотное состояние
Догео- логи- ческая	Аккреционный	Формирование планеты и минерального вещества	Среда сгущения и ингибитор химических реакций. Ускользающий водород – терморегулятор процесса
	Нуклеарный	Выделение ядра Земли и формирование оболочек	

Геоло- гичес- кая	Азозойский	Абиогенный синтез органических веществ и формирование "питательного бульона"	Гидриды, водород, вода, аммиак, метан, синильная кислота – среда и главные реагенты абиогенного органического синтеза.
	Зозойский	Формирование механизмов метаболизма и жизнеобеспечения на основе клеточного строения	Гидридный и свободный водород – донор электрона
	Археозой- ский	Появление живого вещества	Водород – основа жизни. Основные функции живого вещества – потребление абиогенно-синтезированной органики в водородном дыхании, хемотрофном и фотохимическом усвоении CO_2 при окислении водорода
	Протеро- зойский	Развитие жизни в ее многообразии. Совершенствование механизмов обмена веществ	
	Ганеро- зойский	Выход биосферы на уровень ведущих факторов геологических процессов. Формирование механизмов фотосинтеза на основе ассимиляции CO_2 и H_2O с выделением свободного кислорода	Свободный водород как донор электрона в природном органическом синтезе на дневной поверхности уступает свое место воде, но сохраняет свои функции в подземном синтезе углеводов. Свободный кислород в атмосфере – следствие мобилизации водорода воды в органическом синтезе; количество кислорода, пропорционального массе водорода, захороненного в недрах совместно с углеродом

Восстановление водорода при окислении минеральных веществ, богатых F_2O и (или) сульфидной серой, при превращении магматических пород в осадочные создает те физико-химические условия, которые необходимы для нефтегазообразования из фоссилитизированных органических остатков. Гидрогенизация органических остатков в литогенезе — наиболее вероятный процесс образования нефти и газа. Эти рассуждения о генезисе нефти и газа вполне соответствуют взглядам В.И.Вернадского о выщелачивании углерода из жизненного цикла и накоплении его в недрах в виде углеводородов, углей, битумов...

В соответствии с изложенным выше следует еще раз отметить, что планета Земля образовалась, существует и развивается в общем русле развития Вселенной. Основные этапы развития Вселенной определяются понятиями изменения геометрии пространства во времени в зависимости от распределения и движения вещества: пустота \rightarrow хаос \rightarrow космос.

Соответственно развивается материальный мир, проходя такие стадии, как физический вакуум, где господствуют слабые, сильные и электромагнитные взаимодействия. В физическом вакууме рождаются элементарные частицы и с их появлением проявляются силы гравитации. Простейшая комбинация элементарных частиц приводит к образованию атома водорода. От водорода через термоядерный синтез — к химическим элементам и далее — к образованию молекул и простейших соединений элементов. С этого момента, видимо, следует рассматривать две линии развития материи, особенно проявившиеся в земных условиях.

Из химических соединений неорганических веществ образуются элементарные кристаллические ячейки (в соответствии с правилом минимизации свободной энергии) и далее — кристаллические тела: минералы, слагающие царство минералов; это — одна линия развития.

Вторая линия развития исходит из тех же простых химических соединений (H_2 , CO_2 , NH_3 ...), но приводит к абиогенному синтезу органических веществ. В дальнейшем самоорганизация органических веществ выражается в формировании клетки и далее — через одноклеточные живые организмы к всему многообразию биосферы, к царству растительного и животного мира.

Эти две линии в природе тесно переплетаются, но развиваются по-своему. Однако водород лежит в основе всего формирования

материального мира и определяет весь путь развития как живого, так и косного вещества Земли. Несмотря на все многообразие существующих организмов и их взаимодействия с окружающей средой, все механизмы метаболизма сводятся к простому акту: потере электрона водородом и приобретению электрона кислородом. Это реакция образования воды, т.е. та самая простая реакция, которая лежит в самом начале геологического развития вещества Земли.

Говоря о развитии вещества Земли, необходимо оттенить роль водорода, который принимает участие во всех глобальных процессах, причем его участие в большинстве случаев определяет направленность и темп развития. В сжатом виде роль водорода на различных этапах развития вещества Земли показана в таблице.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Физики и химики выработали фундаментальные законы сохранения массы и энергии при непрерывном возрастании энтропии Мира. Историческая геология, изучающая изменчивость окружающего мира во времени и пространстве, прослеживает тенденцию к организации, совершенствованию и упорядочению всех материальных систем как живой, так и неживой природы. Возникает вопрос о наличии закономерностей структурирования природных систем, передачи информации о направленности саморазвития и самосовершенствования.

Нельзя сказать, что вопрос о направленности развития поднимается впервые. Например, учение о происхождении видов описывает направленность развития в органическом мире, а изменения состояния неживой системы регламентируются принципом Ле-Шателье и/или правилом минимизации свободной энергии. Однако общего закона развития (принципа или правила), которому подчинялись бы все живые и неживые материальные системы, до сих пор не предложено. На основании проведенного анализа разного рода изменений реальных объектов, лежащих на стыке геологии и биологии, устанавливается закономерность направленного развития всех природных систем по единому принципу, соответствующему закону сохранения энергии.

В рамках этого закона любая живая или косная система при конкретных условиях характеризуется определенной термодинамической функцией состояния, определяемой как внутренняя энергия. Получив извне некоторое количество энергии (в виде теплоты, света, пищи, механического воздействия и т.д.), такая система стремится к

максимальному увеличению своей внутренней энергии за счет минимизации свободной энергии и внешней работы. Энергетическое воздействие на систему реализуется в её вещественно-структурной организации. Умножение количества и качества внутренней энергии системы в рамках самосохранения с увеличением её жизнестойкости и устойчивости в изменяющихся условиях протекает по трем главным направлениям. 1. Перестройка системы в соответствии с принципом Ле-Шателье 2. Увеличение общей массы системы 3. Самосовершенствование системы путем расширения её функций и интенсификации процессов усвоения поступающей энергии.

Предложенная формулировка общего принципа направленного развития определяет условия существования и саморегуляции природных систем как следствие поступательного развития материи. Начиная от зарождения вещества на допланетном этапе через протопланетное сгущение до формирования планеты Земля и далее через химическую эволюцию к зарождению жизни и совершенствованию механизмов жизнеобеспечения, прослеживается общая направленность развития материи, проявляющаяся в единстве принципа увеличения вещественной организации (внутренней упорядоченности) природных систем.

Действие сформулированного принципа особенно наглядно прослеживается при анализе самосовершенствования живых существ. Оптимальность их структурной организации обеспечивается видовой информационной памятью. В неживых системах вещественно-организационный потенциал также обусловлен информационной памятью (законами кристаллизации) и может достигать существенно больших значений, но в ущерб меньшей специализации функций её структурных элементов в процессе взаимодействия с внешней средой.

Рассмотренный принцип отражает "эгоистические" стремления каждой отдельно взятой системы. Безусловно в природе существуют "правила игры", регламентирующие взаимодействия материальных систем в условиях их сосуществования. Консенсус взаимосвязанных систем вырабатывается в информационном поле, воспринимающем сигналы "с мест" и передающем "распоряжения" адекватно обстоятельствам. (Так в природе синхронизируется рост численности песцов с ростом популяции леммингов .)

Библиографический список

1. Бойченко Е.А. Об эволюции окислительных функций биосферы // Геохимия. 1967. № 8.
2. Быховер Н.А. Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. М.: Гостеолтехиздат, 1963. 474 с.
3. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Горгеонефтеиздат, 1934. 380 с.
4. Он же. Избр. соч. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. П. 615 с.
5. Виноградов А.П. Химическая эволюция Земли. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 44 с.
6. Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. М.: Мир, 1974. 269 с.
7. Григорьев С.М. Роль воды в образовании земной коры. М.: Недра, 1971. 263 с.
8. Григорьев С.М., Емцов М.Т. Скульптор дика земного. М.: Мысль, 1977. 191 с.
9. Добрецов Н.Л. Глобальные петрологические процессы. М.: Недра, 1981. 202 с.
10. Жарков М.А. История палеозойского соленакопления. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 272 с.
11. Йодери Х. Роль воды при метаморфизме // Земная кора. М.: Иностран. лит., 1957. С. 142 - 150.
12. Кальвин М. Химическая эволюция. М.: Мир, 1971.
13. Кесарев В.В. Движущие силы развития Земли и планет. Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1967.
14. Кузнецов В.В. Физика Земли и Солнечной системы. Модели образования и эволюции. Новосибирск, 1990. 216 с.
15. Он же. Физика земных катастрофических явлений. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. 94 с.
16. Физика Земли: новый взгляд на некоторые проблемы / В.В.Кузнецов, Н.Н.Семаков, В.Н.Доровский, П.Е.Котляр. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 128 с.
17. Куликов А.И. Термодинамический анализ реакций взаимодействия силикатов щелочных металлов с бескислородными соединениями кремния // Изв. АН СССР. Сер. Неорганич. материалы. 1978. Т. 8. № 5. С. 954.

18. Он же. Исследование процесса окисления нитрида в расплавах щелочных металлов // Там же. 1973. Т. 9. № 4. С. 604.
19. Он же. О взаимодействии карборундовых огнеупоров с расплавами силикатов щелочных металлов // Там же. 1984. Т. 20. № 1. С. III - II4.
20. Ларин В.Н. О роли водорода в строении и развитии Земли // Тр. Междунар. геохим. конгр. М., 1971. С. 34.
21. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее магматической активности. Спб., 1992. 50 с.
22. Молчанов В.И. Генерация водорода в литогенезе. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 142 с.
23. Молчанов В.И., Гонцов А.А. Моделирование нефтегазообразования. Новосибирск: ОИГГИМ, 1992. 245 с.
24. Молчанов В.И., Ксупов Т.С. Физические и химические свойства тонкодиспергированных минералов. М.: Недра, 1981. 160 с.
25. Розгачева И.К. Фракталы в космосе // Земля и Вселенная. 1993. № 1. С. 10 - 16.
26. Роль микроорганизмов в круговороте газов в природе. М.: Наука, 1979.
27. Руби В.В. Эволюция гидросферы и атмосферы в связи со специальным рассмотрением вероятного состава древней атмосферы // Земля и космос. М.: Иностран. лит., 1957. С. 787.
28. Семенов Н.П. Континентальная кора. Киев: Наук. думка, 1975. 198 с.
29. Соловьев Л.Г. Живое энергетически выгоднее неживого? // Химия и жизнь. 1990. № 2. С. 40.
30. Тамкович Г.М. Государственная комиссия и обсерватория "Гранат" // Земля и Вселенная. 1993. № 1. С. 17 - 21.
31. Тектоносфера Земли. М.: Наука, 1978. 532 с.
32. Ферсман А.Е. Геология. Л.: ОНТИ, 1934. Т. II. 354 с.
33. Шейдеггер А. Основы геодинамики. М.: Недра, 1983. 384 с.
34. Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь. Разум. М.: Наука, 1987. 320 с.

О г л а в л е н и е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
I. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА	8
I.1. Исходные теоретические позиции	8
I.2. Общие представления о развитии и его направленности	9
I.3. Факторы, определяющие направленность развития природных систем	II
2. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНЕТЫ – ЗАДАЧНОСТЬ НАПРАВЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ВСЕЛЕННОЙ	13
2.1. Направленность развития Вселенной – ее расширение и дифференциация космического вещества	15
2.2. Ход развития Земли и его вещественно-энергетическое обеспечение	20
3. ВОДОРОД В РАЗВИТИИ ЖИВОГО И КОСНОГО ВЕЩЕСТВА ЗЕМЛИ	30
3.1. Геохимические циклы водорода	31
3.2. Роль водорода в геологической истории Земли	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
ПОСЛЕСЛОВИЕ	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65

В. И. Молчанов, В. В. Параев,
С. Л. Осипов, Ю. И. Лагутин

ВОДОРОД ЗЕМЛИ

Методические указания

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук В. А. Соловьев

Редактор С. Д. Андреева

Подписано в печать 23.02.1994	Формат 60x84 I/16.	
Печать офсетная.	Уч.-изд. л. 4.	Тираж 300 экз.
Заказ № 78		Цена 70 р.

Редакционно-издательский отдел Новосибирского университета;
участок оперативной полиграфии НГУ; 630090, Новосибирск-90,
ул. Пирогова, 2.