

УДК 551.581.1:573.554

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ С ПОЗИЦИЙ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Корляков К.А.

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, e-mail: Korfish@mail.ru

Настоящая работа представляет собой обзор с теоретическими выкладками, базирующимися на классической механике, основных физических фундаментальных взаимодействиях, минералогии, теории неравновесной самоорганизации, теории эволюции, коллоидной химии, супрамолекулярной химии, молекулярной биологии и продукционной экологии. В статье рассмотрены современные представления о возникновении жизни с экологических позиций. Рассматривается роль метеоритной бомбардировки и динамики движения Луны на первых фазах ее формирования. Предложен ряд новых теорий, отвечающих оптимальным условиям среды необходимым для абиогенеза и возникновения живых организмов: «дискретная и динамичная золь-геосфера», «Лунный поляризатор, отбирающий хиральность», «органоминеральный континуум как первичный субстрат и среда для горизонтального переноса генов», «нуклеиновая и полисахаридная клеточная стенка». Приводятся средовые параллели подобные «ядро клетки – ядро Земли», такие как «литосфера/гидросфера – клеточная мембрана», «волокнистые минералы – полициклические углеводороды и нуклеиновые кислоты». Рассматривается концепция формирования протоядра в мире РНК. Особое внимание уделяется возникновению полярных неравновесных балансов на молекулярном уровне. Анализируются связи проблемы возникновения жизни с основными принципами самоорганизации. Обсуждаются два основных фактора дискретности: биохимический гиперцикл и клетка. Рассматривается континуальность и дискретность среды и живой материи. Особенности становления дискретности и необратимости при возникновении жизни связывают данную проблему с проблемой старения. Для ускорения технического решения проблемы возникновения жизни предложен новый прибор – климатический биореактор. Комплексные принципы, заложенные в приборе, позволят не только экспериментировать с путями возникновения жизни, но и получать новые формы биоты, адаптированные для экстремальных условий среды.

Ключевые слова: возникновение жизни, РНК, дуальный баланс, самоорганизация

RECONSTRUCTION OF THE EMERGENCE OF LIFE FROM THE STANDPOINT OF MODERN ECOLOGY

Korlyakov K.A.

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, e-mail: Korfish@mail.ru

The present work is a review with theoretical calculations based on classical mechanics, basic physical fundamental interactions, Mineralogy, the theory of nonequilibrium self-organization, the theory of evolution, collide, chemistry, supramolecular chemistry, molecular biology and production ecology. The article deals with modern ideas about the origin of life from an ecological point of view. The role of meteorite bombardment and the dynamics of the moon motion at the first phases of its formation are considered. Proposed a number of new theories corresponding to the optimal environmental conditions needed for abiogenesis and the origin of living organisms: «a discrete and dynamic of the Sol-Geosphere», «Moonlight polarizer which selects chirality», «organic continuum as the primary substrate and environment for horizontal gene transfer», «nucleic acid and cell wall polysaccharide». Environmental Parallels such as «cell nucleus – earth nucleus», such as «lithosphere/hydrosphere – cell membrane», «fibrous minerals – polycyclic hydrocarbons and nucleic acids» are given. The concept of proton nucleus formation in the RNA world is considered. Special attention is paid to the appearance of polar nonequilibrium balances at the molecular level. The article analyzes the relationship of the problem of life with the basic principles of self-organization. Two main discreteness factors are discussed: the biochemical hypercycle and the cell. The continuum and discreteness of the medium and living matter are considered. Features of the formation of discreteness and irreversibility in the event of life associate this problem with the problem of aging. To speed up the technical solution of the problem of the emergence of life, a new device – a climatic bioreactor-is proposed. Complex principles laid down in the device will allow not only to experiment with the ways of life, but also to obtain new forms of biota adapted to extreme environmental conditions.

Keywords: origin of life, RNA, dual balance, self-organization

Жизнь – сложная форма материи, состоящая из набора высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений, объединенных специфичным типом функционирования и самоорганизации. Однако, начиная с первых экспериментальных попыток изучить пути возникновения жизни [1], предпринятых почти столетие назад, проблема до сих пор решается химиками с помощью редуccionного подхода и в ло-

кальных аспектах. В последнее десятилетие некоторые попытки использования комплексного подхода предпринимаются [2], но тем не менее методически и методологически системный экспериментальный и теоретический подход для решения проблемы возникновения жизни не выработан. В последние десятилетия возрастает интерес к проблеме, появляется ряд экспериментальных данных, и попытки теоретическо-

го осмысления – исследователями издается ряд монографий, в том числе и на русском языке посвященных происхождению жизни. Тогда как ранее данной проблеме посвящались преимущественно отдельные статьи и главы в монографиях [3, 4]. Из русскоязычных исследователей проблему рассматривали сначала физики [5, 6], позже врачи [7, 8], после биологи [9–11], в то время как химики регулярно получали ряд экспериментальных данных. И здесь следует отметить, что в биологии акцент делается преимущественно на изучение самой биоты, а в экологии – на среду в которой биота функционирует. В проблеме возникновения жизни ключевым является вопрос о свойствах среды, в которой жизнь может зародиться. Целью настоящей работы является рассмотрение возможностей возникновения жизни с позиций экологии.

Результаты исследования и их обсуждение

Терминология

В первую очередь стоит вопрос об изначальных свойствах и количестве углерода и органических веществ, необходимых для возникновения жизни. Наиболее рациональным является представление об изначальном наличии, как ациклических, так и циклических и полициклических ароматических углеводородов. Углеводородов с различной молекулярной массой, структурой и включениями других элементов необходимых для дальнейших гиперциклов [12, 13]. Разработанная в начале 2000-х гг. теория мира полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), как предшествующая стадия РНК-мира, предусматривала преимущественно высокомолекулярными структурами, обнаруженными в космическом пространстве, являются молекулы подобные антрацену. Учитывая особенности формирования планет, различные по структуре молекулы углеводородов формировали среду для возникновения жизни не только из открытого космического пространства [17], метеоритов, процессов формирующих первичную литосферу планеты, но и эндогенных процессов самой Земли. Второй возможностью является открытие в начале 2000-х гг. в ходе химической эволюции синтеза основных молекул протобионтов из низкомолекулярных углеводородов, амидных молекул [2]. Таким образом, наличие различных углеводородов

в первичной среде, обеспечивающей возникновение жизни, не вызывает споров, открытыми остаются вопросы о количестве и качественных соотношениях углеводородов и свойствах среды обеспечивающей дальнейшую самоорганизацию [2, 10, 18]. В связи с чем вопрос о «происхождении» жизни на сегодняшний день некорректен, так как углеводородная основа это и есть первичная форма материи, от которой произошла жизнь. То есть на сегодняшний день более целесообразно определение «возникновение» жизни, изначально используемое А.И. Опариным (1941) и охватывающее вопросы: как, в каких условиях и по каким причинам возникла жизнь.

Фибриллярная форма организации

Начиная с построения теории мира РНК в 1970–1980-е гг. каждое последующее десятилетие открывались новые особенности данной молекулы, позволяющие дополнять данную теорию и укреплять ее надежность. К таким событиям относятся открытые в 1980-е гг. каталитические особенности и вторичные, третичные структуры молекул, способность молекул размножаться в пористых ячейках гелей и перестраивать свои нуклеотидные последовательности открытая в 1990-гг. [14], определение структуры рибосом в начале 2000-х гг., а в конце 2000-х – способность рибозимов создавать копии РНК молекул. Недостаточно оцененной оказалась работа, демонстрирующая механохимические особенности среды, определяющие построение различных типов полимерных молекул в зависимости от типа перемешивания [19]. Данные результаты вместе с новыми закономерностями, полученными при падении очередного метеорита [20], позволяют дополнить характеристики среды при абиогенезе. Метеоритная бомбардировка, как один факторов возникновения жизни рассматривалась давно в связи с доставкой химических элементов, органических веществ, воды, магнитных эффектов отбирающих хиральность, термических характеристик на поверхности планеты. Кроме того, сроки окончания бомбардировки (4–3,9 млрд лет) примерно совпадают с датировками появления первичных протобионтов. Теперь данная модель дополнилась механохимическими и гидродинамическими механизмами. С экологических позиций можно предложить еще три фактора, обусловленных метеоритной бомбардировкой и способных обеспечить новый тип самоорганизации:

количественное и качественное увеличение разделов трех фаз вещества, дискретность и фибриллярность сред. Увеличение разделов фаз твердого, жидкого и газообразного вещества в пределах трех основных геосфер Земли способствует активизации процессов протометаболизма на поверхностях фазовых разделов и обеспечивает появление основной среды, необходимой для протекания первичных биохимических реакций – возникновение органоминерального комплекса ввиду выбивания из монолита мелкодисперсной фракции. Под дискретностью сред подразумевается дифференцировка и локализация органических пулов как вследствие дробления самих органоминеральных комплексов, так и путем извлечения органики из геотермальных источников, метеоритного, кометного вещества и аккумуляция различной по составу органики в различных средах. Среди такой органики могут быть и биоорганические молекулы в виде жирных кислот и углеводов. Фибриллярный аспект подразумевает значительный избыток по сравнению с современными условиями волокнистых и фибриллярных минералов, которые образуются при падении метеоритов и извержении вулканов [20]. Волокнистые минералы также образуются в процессе выветривания, гидролиза, на пористых средах и перенасыщенных растворах [21, 22]. Все перечисленные характеристики в избытке должны были соответствовать условиям ранней Земли и метеоритной бомбардировке, а также многие формы нитевидных минералов образуются в избытке цинка, что подтверждает цинковую гипотезу среды [10]. Благодаря волокнистым минералам, во-первых, обеспечивается прочность формирующихся органоминеральных комплексов и их пористая структура, а во-вторых, прослеживается параллель фибриллярные минералы – фибриллярные биополимеры, как ведущая форма самоорганизации вещества. Данная гипотеза не рассматривалась в контексте среды при формировании и развитии полимерных РНК-молекул. Эти условия среды могли обеспечивать устойчивость РНК молекул при их выносе в атмосферу за счет расположения на поверхности воды более устойчивых к ультрафиолету гидрофобных азотистых оснований, тогда как фосфатные группы оказывались погруженными в водно-органическую среду пор минералов. Волокнистые минералы, в отличие от глобулярных, могут дольше задерживаться в атмосфере. Кроме того, нуклеотидные

и другие полимеры могли конкурировать и отбираться в различных условиях среды, а также связывать дискретные минеральные частицы, что приводило к образованию органоминерального комплекса.

Золь-геосфера

Экологические модели и экспериментальные исследования постулируют, что развитие биоты на всех стадиях организации ограничено и функционально связано с тремя основными разделами фаз: жидким, твердым, газообразным [23]. При этом биота, изменяя условия окружающей среды, стремится к увеличению количества фазовых разделов, откуда может извлекать энергию. И именно увеличение качества и количества данных фазовых разделов обеспечивало основные ароморфозы в эволюции биоты [24]. Метеоритная бомбардировка обеспечивала на ранних стадиях развития Земли смешение гидросферы, атмосферы и литосферы. С различной дисперсностью частиц от коллоидных до капельных и пылеватых. В таких условиях возникала золь-геосфера, которая в планетарной атмосферной циркуляции была подхвачена гравитационными силами Луны, в тот период времени значительно приближенной к Земле [25]. Золь-геосфера должна была остывать и нагреваться, выпадая в жидкую гидросферу и обратно попадая в воздух благодаря метеоритной бомбардировке. Благодаря этой же метеоритной бомбардировке в воздух попадали минеральные частицы. Среда становилась более дискретной в пространстве и времени, что обеспечивало дискретность в самоорганизации предбиотических молекул. То есть шел колебательный процесс, способствующий возникновению нескольких пусковых механизмов для появления жизни и дальнейшей эволюции. Луна способствовала активному перемещению потоков воды в жидком состоянии в виде планетарной циркуляции Мирового океана. То есть доклеточная жизнь могла развиваться в атмосфере и при этом на поверхности минеральных частиц, которые передвигались в данной золь-геосфере. Увеличение количества мелкодисперсных частиц обеспечивало условия для накопления органики, возникновения органоминерального комплекса и формирования периодически дискретной золь-гель-геосферы. В золь-гель геосфере золь рассеивался в газовом пространстве, а гель располагался в порах, трещинах, кратерах, гидротермах и других углублениях на поверхности литосферы.

Таким образом, теории «первичного бульона» [1], «первичной пищи» [26] и «первичного майонеза» [18] можно дополнить теориями «первичной сахарной пудры», «первичной сладкой ваты», «первичного желе», то есть геля, и «первичного торта». Причем последовательность «сахарная пудра – сладкая вата – желе – торт» вероятнее должна быть циклична с периодичной сменой всех фаз.

*Лунный поляризатор
и факторы хиральности*

Луна, приближенная к Земле, также могла способствовать отбору хиральности. За счет увеличения количества падающего на планету поляризованного света, влияющего на пространственную организацию молекул. Одна из основных проблем организации жизни – гомохиральность в виде левых аминокислот и правых сахаров. В последние годы появляются эксперименты, подтверждающие теорию Вестера – Ульбрихта, где поляризованные электроны способствуют селективной гомохиральности [27–29]. Исходя из моделей реконструкции системы Земля – Луна, можно предложить следующий механизм объяснения гомохиральности. Протолуна после ее формирования и выхода на орбиту была приближена к поверхности нашей планеты по разным оценкам на расстояние от 22 до 150 тыс. км [25]. Это обеспечило скорость оборота Земли в 5–5,5 часов и стабильное освещение Лунной поверхности планеты с высокой периодичностью. В этих условиях мог не только идти отбор хиральных реакций, но и обеспечиваться соответствующие циклы биофизических, биохимических реакций, заключенные в гиперциклы. Следует отметить ряд других теорий появления гомохиральности. Среди которых аэрозольная теория хиральной асимметрии, предложенная В.А. Твердисловым (2012) [6], теория магнитных аномалий, вызванных метеоритной бомбардировкой и спецификой магнитного поля первичной Земли, обеспечивающих селекцию гомохиральности, теории организации более эффективных энергозатрат при гомохиральности, так как в живой материи известны исключения в L-аминокислотах и D-углеводах и D-липидах. Данные гипотетические условия среды лишь дополняют друг друга и уменьшают вероятность рацемических смесей. Причем фотический лунный фактор является наиболее стабильным, для хиральной самоорганизации. Таким образом, условия на ранних этапах форми-

рования жизни никак не должны были способствовать рацемической смеси, а для возникновения жизни в отличие от появления других материй определяющими являлись уже неравновесные условия при наиболее слабых взаимодействиях: слабом и гравитационном [27, 29].

Неравновесные балансы

Средовые факторы, обеспечивающие неравновесность среды, также обеспечивали неравновесные балансы восстановительных и окислительных сред в геосфере. Вероятнее, первичная атмосфера была все-таки восстановительной, а локальные окислительные среды имели гидротермальное и метеоритное происхождение. То есть газовый баланс в неравновесных условиях был сдвинут в сторону восстановительных газов. В частности, CO, CO₂ и другие газы могли локализоваться вблизи гидротерм, которые служили источником сред для фиксации протобионтов в порах и расколах монолитной литосферы, где аккумулировались органоминеральные комплексы. Однако калий-натриевые и кальций-магниевого неравновесные балансы внутри клетки также могли выработаться позднее и были обусловлены дефицитом элементов в среде, которые были приобретены протоклетками для стабилизации метаболизма. Аналогичным образом мог быть выработан баланс L-аминокислот и D-сахаров. Оба механизма появления неравновесных балансов помимо предложенных теоретических моделей [6, 10] нуждаются именно в экспериментальной проверке. Ряд ключевых элементов неравновесной самоорганизации биоты также формировался в среде неравновесной дуальной системы Земля – Луна. Первыми неравновесными балансами до гомохиральности молекул и натрий-калиевых балансов можно считать приобретение бензольными кольцами в виде азотистых оснований положительно заряженных аминогрупп, с одной стороны, и отрицательных кислородных – с другой. Что усилилось с появлением гидроксильных и фосфатных групп при формировании нуклеотидов. Вслед за этим – возникновение гидрофобности и гидрофильности биоорганических молекул. Возникновение континуальных неравновесных полимерных биоорганических молекул в дискретной среде неравновесных водных кластеров также обеспечивало неравновесный баланс: дискретная среда – континуальная материя. В этих условиях происходило первичное отделение новой материи

от среды и одновременная опора этой материи на среду при дальнейшей организации и самоорганизации. То есть асимметричные атомы углерода и полимеры, построенные на их основе, также взаимодействовали с асимметричными молекулами воды. Далее по каскадному механизму взаимодействие было выражено в виде: конформации полимеров – кластеры воды и мицеллы. Основным отличием нуклеотидных полимеров от других и предпосылкой к возникновению жизни являлась их возможность к самоорганизации и эволюционному развитию [5, 30]. Далее шел баланс анаболизма – катаболизма в виде продукции и деструкции замыкающий аспект дискретности и вместе с тем континуальности при возникновении новой живой материи. Появление дуального баланса в нуклеиновых кислотах в виде РНК, ответственной за изменчивость, и ДНК, обеспечивающей наследственность, повлекло начало эволюционных механизмов. Дальнейшая полярированность (аэробность – анаэробность, фотосинтез – дыхание, мужской – женский пол) была уже обеспечена принципами дуальной каскадной самоорганизации биотических систем.

Дискретность самоорганизации

Динамика пространственно-временной дискретности среды в виде золь-геосферы и более динамичного взаимодействия системы Земля – Луна ввиду более быстрого вращения планеты обусловила два ключевых фактора дискретности в организации новой – живой материи. Первый – появление гиперцикла первичных биохимических путей обмена со средой при различной степени замкнутости протобионтов и второй – пространственной дискретности – возникновение клетки. Скорость многих биохимических циклов в многоклеточных организмах, характеризующаяся двухчасовой периодичностью, двухчасовая периодичность, наблюдающаяся в фазах развития колоний прокариотов, а также часовой ритм синтеза белка, могут иметь происхождение, связанное со скоростью оборота Земли, которая в фазе формирования системы Земля – Луна по некоторым расчетам составляла 5–5,5 часов [25, 31, 32]. То есть 2–2,2 часа день и столько же ночь. Ритмы связанные с 20–30-минутной периодичностью, подобные липолизу, циклу цитокинов, делению прокариотической клетки, возможно, связаны с другими средовыми периодами – вращением Луны, периодическим нагревом

поверхности планеты, циклом геосферной миграция органических молекул. На более интенсивную высокочастотную фотическую периодичность освещенности ранней Земли также указывают особенности развития наиболее древних прокариотов – цианобактерий, способных активно развиваться, в отличие от высших растений, при непрерывной освещенности. В целом более интенсивная частота колебаний условий среды ранней Земли обеспечила автоколебательный процесс в самоорганизации жизни. Вне зависимости от возможности исторической обусловленности перечисленных циклов, связанных с динамикой среды можно констатировать следующее. Два аспекта дискретности (биохимический гиперцикл и протоклетка) в возникновении жизни связывают данную фундаментальную общебиологическую проблему с другой также не до конца решенной – проблемой старения. К последней проблеме впоследствии добавляется еще структурная дискретность или генетическая – вертикальный перенос генов, которая увеличивает необратимость в развитии жизни. Таким образом, решение одной из проблем может дать ответы на многие вопросы другой общебиологической проблемы.

Континуальная организация среды

Общий генетический предок, по всей видимости, жил и развивался в органоминеральном континууме [23]. Его генетическая однородность также способствовала однородности среды обитания – структуре органоминерального комплекса. Вертикальный перенос генов и эволюция началась на краях органоминерального континуума. Эти формы, отделившиеся от общего предка, получали больше преимуществ за счет освоения энергии среды на дискретных биотопах – то есть краях биотопа при выработке соответствующих молекулярных ароморфозов. Вертикальный перенос генов в связи с появлением нетипичных краевых условий мог выработаться не только благодаря энергетическим преимуществам, но и по причине периодического исчерпания ресурсов в отсутствии оптимального катаболизма, на фоне длительной изоляции раздробленного некогда общего генома. Однако доклеточные протобионты также должны были развиваться в органоминеральном субстрате, где накапливали свою биомассу. В органоминеральном континууме матрицей для синтеза первичных биологических репликаторов могли являться две структуры – ор-

ганические матрицы (гель) и минеральные, как в виде дискретных частиц, так и пористых пород. Первые нуклеотидные комплексы выходя на минеральный матрикс, взаимодействовали с органическим веществом, быстро катализируя реакции на минералах. Органоминеральные субстраты вследствие метеоритных бомбардировок разрушались и выбрасывались в золь-систему вместе с предбиотическими самореплицирующимися системами. Постоянные увеличения дискретности жидкого и органического вещества в пространстве, изменение термических, электромагнитных и механических колебаний вследствие метеоритных бомбардировок способствовали дроблению полимерных цепочек нуклеотидов, их распространению в геосфере и синтезу новых протонуклеотидных систем. После чего при соответствующем в золь-геосфере мицелярно-глобулярном типе организации появлялись предпосылки к клеточной центрально-симметричной самоорганизации. Возможно, поздняя метеоритная бомбардировка, обеспечившая дробление органоминерального континуума, также способствовала дифференцировке последнего общего генетического предка с единым геномом и его дальнейшей эволюции при попадании на вновь сформированные органоминеральные биотопы.

Протоядро

В развитии жизни на различных уровнях организации повторяются схожие структурные формы, зачастую с различной функциональностью. В связи с чем следует рассмотреть концепцию протоядра – то есть появления условного центра у нуклеиновых кислот. Протоядро – это центральный или центрально-лучевой тип симметрии, где в центре находится участок многолучевой молекулы РНК с белком по типу рибосом, полимераз и других глобулярных функциональных белков. Причем эти белки и пептиды также в зависимости от условий могли передвигаться по нуклеотидной цепочке, синтезируя соответствующие молекулы и увеличивая биомассу биоорганических молекул. Фибриллы нуклеотидных полимеров также могли скручиваться и закручиваться по типу «клубок-катушка». Но окружающий нуклеиновые цепочки средовой баланс должен содержать и положительные аминокислоты с пептидами и белками, и отрицательные моно- и полисахариды. Поэтому можно предположить функциональную дифференцировку РНК, на участки или

молекулы, специализирующиеся на сборе органики, и системы самокопирования. Для интенсификации синтеза и фиксации строительного материала РНК полимеры могли «таскать» с собой аминокислоты и пептиды на функционально значимых участках полимера, а также моно- и полисахаридные комплексы. Центральная-лучевая система симметрии нуклеиновых кислот в виде «клубка» характеризуется векторным типом развития и при этом может обеспечить переход к центральной шарообразной симметрии, как энергосберегающей форме самоорганизации [7]. То есть РНК или протонуклеиновая кислота должна была попасть в такой комплекс условий органической среды (аминокислоты, углеводы, липиды), чтобы получить векторную область развития, дискретную область развития и необратимую область развития.

Протомембраны

РНК-протобионты в изменениях межфазных балансов среды, механохимических и фотохимических условиях продолжали путь самоорганизации до появления двух главных аспектов дискретности – биохимического гиперцикла и протоклетки. Эти преобразования обусловили необратимость развития новой формы материи. Под биохимическим гиперциклом подразумеваются первичные пути обмена: пентозофосфатный цикл, цикл Кальвина, цикл Вуда – Льюндаля, цикл Вуда – Веркмана и т.д. В этих биохимических реакциях в присутствии РНК молекул происходила фиксация углерода, а отдельные нуклеотиды, служащие строительным материалом, впоследствии стали выполнять энергетическую функцию (АДФ, АТФ). Фотохимические и термические реакции привели к захвату в порфириновые геммы, входившие в РНК-молекулы ионы магния и железа, в избытке находящихся в среде и обеспечивших в дальнейшем регулировку фотохимических реакций. Первой протоклеточной оболочкой при этом и могла служить сама молекула РНК, после функции клеточной оболочки выполняли олиго- и полисахариды, и, наконец, липидная мембрана могла являться третьим эволюционным ароморфозом. Данная закономерность наблюдается у мембран более древних прокариотов, имеющих в своем составе полисахаридные каркасы. При появлении полисахаридной оболочки моносахариды оказывались внутри протоклеток, в которых также закрепился первый гиперцикл обмена и появился первый и вто-

рой компонент дискретности жизни. Липиды же могли быть построены постепенно, путем подбора из отдельных компонентов по подобию структуры и функциональной полярности самих молекул РНК. Жирные кислоты, аминокислоты, нуклеотиды также оказывались внутри углеводной оболочки, а ионы металлов могли направляться внутрь протоклетки путем окисления кристаллических решеток посредством тех же полисахаридов. Таким образом, биохимические циклы обмена, необходимые для аккумуляции углерода, возникли, когда РНК смогли выстраивать вокруг себя структурированный полисахаридный, а позже пептидогликановый каркас.

*Дуальные стратегии
и необратимость организации*

Далее происходило вертикальное разделение жизни по питательным средам, энергетическим и экологическим условиям в целом. Клеточная жизнь спустилась в осадки донных отложений, где внутри клеток выработались специализированные молекулярные структуры – ДНК, обеспечивающие более точное копирование информации, ферменты катализаторы, обеспечивающие ускорение химических реакций и более полное, оптимальное освоение среды. В органоминеральном континууме и в осадках в целом условия более стабильны и в то же время специфичны в плане органических ресурсов, что также может способствовать большей специализации – появлению ДНК. А доклеточные организмы – предки вирусов, прионов остались сверху, в атмосфере и гидросфере. Доклеточные и клеточные организмы обменивались нуклеотидными последовательностями и внедрялись каждый в среду соседа. В случае первичного возникновения ДНК в протовирусных системах более обоснованным является предположение, что ДНК системы были захвачены более разнообразными и сложными РНК-протобионтами. Вертикальная экологическая дифференцировка происходила и в клеточном мире. Прокариоты разделились на протобактерий и протоархей, где вторые, возможно, еще не обладая ДНК, ушли в донные отложения и их липидные мембраны катализировались на РНК молекулах с соответствующей противоположной хиральностью. А у бактерий уже специализированные белки выстраивали клеточные оболочки. Синтез транс- и цис-изомеров липидов на различных нуклеиновых кислотах также нуждается в экспериментальной

проверке. Здесь следует отметить, что датировки первых клеточных организмов совпадают с возникновением Мирового океана. Таким образом, наблюдается аналогия: «гидросфера Земли – клеточная оболочка» подобно «ядро клетки – ядро Земли» [33].

Вопрос о том, клеточная мембрана появилась, когда еще была только РНК, или мембрана появилась, когда уже образовалась ДНК, остается открытым. Вероятнее, РНК была уже в протоклетке и приобретение специализированных молекул – ДНК и ферментов способствовало тому, что в экологическом смысле такие более специализированные организмы более активно осваивали среду и вытеснили – полностью подавили организмы, имевшие только РНК без ДНК и ферментов. Вторым путем появления ДНК опять выступает метеоритная бомбардировка. Поздняя бомбардировка отделяла РНК от субстрата, в связи с чем, при уже достаточно разработанном разнообразии молекул РНК, отдельные ее фрагменты, попадая под ультрафиолет, приобрели более жесткую структуру – ДНК. То есть через протовирусный путь, когда молекулы ДНК и протовирусы возникали вне клеток и позже встраивались в клеточные протобионты. Однако, вероятнее ДНК выработалась позже внутри клетки, как консервативная система наследственности и необратимости развития. Оба пути также требуют обязательных экспериментальных уточнений. В то же время возникновения ДНК и клеточной липидной мембраны могут быть функционально и биохимически связаны и время их возникновения не сильно разнится ввиду синэргичной обусловленности.

Открытыми остаются вопросы среды в отношении формирования клеточных оболочек. Клеточная липидная стенка возникла либо по мицеллярному типу в жидкой среде, либо механическому в газодисперсной – путем разрыва континуальных органических пленок вследствие механических, ударно-волновых эффектов, которые также могут способствовать смене концентраций вещества и изолировать протоклетку в газовом пространстве [6, 34, 35]. Вероятнее, имел место и первый и второй путь, который проявлялся в разных фазах самоорганизации жизни, но это также требует экспериментальных проверок. И другой путь, когда РНК система оказывалась в средах с ограниченным количеством органического вещества и условия способствовали тому, что у нее возникала мембрана. То есть РНК-

информационная система должна была упорядочивать пространство органической среды в виде ресурсов вокруг себя. РНК нуклеотидные полимеры в специфичных межфазных условиях могли формироваться в глобулярные структуры, где внешняя поверхность глобулы была представлена азотистыми основаниями. Таким образом, условия при количественном увеличении разделов фаз и изменении концентраций органических веществ должны были способствовать глобулярному, сферическому центрально-симметричному типу самоорганизации.

Таким образом, глобальным фактором постоянства условий в виде циркуляции дискретной золь-гель-геосферы служила Луна, а метеоритная бомбардировка обеспечивала увеличение дискретности и неоднородности среды для формирования жизни: включение в состав дискретных водных и органоминеральных комплексов различных соотношений жирных кислот, углеводов, аминокислот. Эти различные по содержанию органические смеси в результате ударно-волновых механизмов могли также извлекаться из геотермальных источников. При этом формирование из неравновесного мономера – нуклеотида полимерных нуклеиновых кислот также могло обеспечиваться гидромеханическими неоднородностями, вызываемыми метеоритами. Условия для приобретения азотистыми основаниями формамидов, формальдегидов, сахаров также требуют экспериментальных проверок. То есть необходимо проверить возможность существования и функционирования иных по структуре нуклеотидов, условия их возникновения и предрасположенность к дальнейшей самоорганизации. В проблеме возникновения жизни осталось установить условия для сборки нуклеиновых кислот из отдельных нуклеотидов и первичный синтез молекул ДНК из РНК. В последнем случае некоторые механизмы у современных организмов уже установлены. Далее останется экспериментальное изучение микроэволюции молекул РНК, некоторые методы для которого уже разработаны [14].

Экспериментальные попытки воспроизвести процесс возникновения жизни, начиная с экспериментов А.Н. Баха, Миллера-Юри, С. Фокса и заканчивая Дж. Сазерландом (2015) [2], также являются локальными, не системными, хоть и в последнем случае используется комплексный подход в отношении органической среды. Пути образования нуклеотидов, аминокис-

лот, углеводов и жирных кислот, по всей видимости, могут быть различными, а ключевым вопросом является характеристика среды, обусловившая преобразования и самоорганизацию РНК молекул и обеспечившая основные факторы появления новой материи – дискретность, необратимость, эволюцию. Ряд закономерностей, установленных в химической эволюции и пробиотической самоорганизации, косвенно указывают на то, что жизнь может появиться в ходе различных путей самоорганизации и условий среды. И характеристики этой жизни также могут быть различными. Описанные, очень изменчивые условия среды на ранних этапах функционирования планеты требуют соответствующих, специальных технических подходов к решению проблемы возникновения жизни. В связи с чем более целесообразным является разработка и внедрение нового комплексного и системного прибора – климатического биореактора [36]. Прибор должен представлять собой синтез климатической камеры с биокультуратором при дополнении следующих расширяющихся физико-химических воздействий: различных типов перемешивания (шейкер, вортекс, мешалка, центрифугирование) ультразвуковых преобразователей, электромагнитных излучателей и газовых баллонов, обеспечивающих различное долевое участие водорода, сероводорода, метана, аммиака, хлора, углекислого газа, кислорода, углеводов. Термическая доработка должна включать более высокие температуры для сжигания органики. Использоваться могут различные смеси и соотношения органических молекул, а также со временем минеральных частиц. Современные аналитические методы позволяют устанавливать степени влияния долей различных компонентов и факторов среды на различные типы самоорганизации.

Климатический биореактор при дальнейшей проработке и проверке эксплуатации позволит решать следующие задачи:

1. Интенсифицировать получение данных, их обработку и возможность работать как с отдельными молекулами, так и ансамблями в широких градиентах условий среды, приближенных к различным типам геосфер планет.

2. Получать новые биоорганические молекулы для решения проблемы абиогенеза и отслеживать биохимические реакции самоорганизации.

3. Исследовать молекулярные механизмы организации и развития жизни: воз-

никновение биохимического гиперцикла, возникновение ДНК, протоклетки и клеточного гомеостаза, каталитических систем, гомохиральности молекул, построение нуклеотидов, белковых комплексов и порфириновых гемов.

4. Изучать условия и особенности протекания различных гиперциклов и автокаталитических процессов, обеспеченных колебаниями условий среды.

5. Вести контроль ранних этапов самоорганизации, возникновения дискретности в самоорганизации, стадий необратимости самоорганизации живой материи и пусковых механизмов, обеспечивающих данный процесс.

6. Моделировать и экспериментально апробировать различные пути возникновения жизни и определять условия среды, обеспечивающие данные процессы.

7. Модификации прибора в дальнейшем позволят получать новые формы живой материи подобно ускорителям частиц, также создающим иные формы материи с заданными свойствами. В первую очередь биоты с противоположной гомохиральностью, континуальной биоты, иными особенностями необратимости самоорганизации и т.д. Например, создание континуальной живой материи, выяснение механизмов ее организации и выделение полезных молекул в ходе ее эволюции могут позволить преодолевать старение.

8. Приборы данного типа дадут возможность проводить направленную подготовку биоты и создавать биомы, функционирующие в средах сходных с поверхностью других планет, отличающихся от Земли. В связи с чем будет проходить отработка и подготовка к панспермии и колонизации планет.

Заключение

Теоретические положения, описанные в настоящей работе, опираются на классическую механику, основные физические фундаментальные взаимодействия, минералогию, теорию неравновесной самоорганизации, теорию эволюции, коллоидную химию, супрамолекулярную химию, молекулярную биологию и продукционную экологию. Системный подход и соответствующий анализ необходим не только в изучении и моделировании процессов, приводящих к возникновению жизни, но и при экспериментальной работе. Изложенные в работе теоретические выкладки требуют экспериментальной проверки не только для выяснения реальных процессов, способствующих

возникновению жизни и проверки соответствующих гипотез, но и для будущих моделей построения новых форм материи, аналогичных современной жизни. Предложенные новые экспериментальные подходы позволят понять условия возникновения живой материи и ускорить искусственное ее получение в различных инвариантах, которое с большой долей вероятности будет достигнуто в настоящем столетии.

Список литературы / References

1. Опарин А.И. Возникновение жизни на Земле. 2-е изд., значительно дополненное. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1941. 267 с.
Oparin A.I. The origin of life on Earth. 2-e Izd., significantly augmented. M.-L.: Izd. AN SSSR, 1941. 267 p. (in Russian).
2. Patel B.H., Percivalle C., Ritson D.J., Duffy C.D., Sutherland J.D. Common origins of RNA, protein and lipid precursors in a cyanosulfidic protometabolism. *Nature Chemistry*. 2015. no. 4. P. 301–307.
3. Волькенштейн М.В. Биофизика. М.: Наука, 1988. 591 с.
Volkenstein M. V. Biophysics. M.: Nauka, 1988. 591 p. (in Russian).
4. Чернавский Д.С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // *Успехи физических наук*. 2000. Т. 170. № 2. С. 157–183. DOI: 10.3367/UFNr.0170.200002c.0157.
Chernavsky D.S. The Problem of the origin of life and thinking from the point of view of modern physics. *Uspekhi Fizicheskikh nauk*. 2000. Vol. 170. no. 2. P. 157–183 (in Russian).
5. Галимов Э.М. Феномен жизни. Между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М.: Едиториал УРСС, 2001. 256 с.
Galimov E.M. The Phenomenon of life. Between equilibrium and nonlinearity. Origin and principles of evolution. M.: editorial URSS, 2001. 256 p. (in Russian).
6. Твердислов В.А., Сидорова А.Э., Яковенко Л.В. Биофизическая экология М.: Красанд, 2012. 544 с.
Tverdislov V.A., Sidorova E.A., Yakovenko L.V. Biophysical ecology. M.: Krasand, 2012. 544 p. (in Russian).
7. Яровой В.В. Этапы эволюции органических соединений. Самообразование клетки. М.: «ЛИБРОКОМ», 2017. 158 с.
Yarovoy V.V. Stages of evolution of organic compounds. Self-education cells. M.: «LIBROKOM», 2017. 158 p. (in Russian).
8. Соков Л.А. Происхождение жизни. Мультиматрица. (from stardust to men). Челябинск: Изд-во Челябинской гос. мед. акад., 2012. 411 с.
Sokov L.A. The Origin of life. Multimatrix. (from stardust to men). Chelyabinsk: Izd-vo Chelyabinskoy gos. med. akad., 2012. 411 p. (in Russian).
9. Марков А.В. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня. Неожиданные открытия и новые вопросы. М.: Изд-ва «Астрель», «Corpus», 2010. 528 с.
Markov A.V. Birth of complexity. Evolutionary biology today. Unexpected discoveries and new questions. M.: Izd-va «Astrel», «Corpus», 2010. 528 p. (in Russian).
10. Диброва Д.В., Гальперин М.Ю., Кузин Е.В., Мулкиджанян А.Я. Системы Na⁺/K⁺-гомеостаза как предшественники мембранной биоэнергетики // *Биохимия*. 2015. Т. 80. № 5. С. 590–611.
Dibrova D.V., Galperin M.Yu., Koonin E.V., Mulkidzhanyan A.Ya. Ancient systems of sodium/potassium homeostasis as predecessors of membrane bioenergetics // *Biochemistry*. 2015. Vol. 80. № 5. P. 495–516. DOI: 10.1134/S0006297915050016.

11. Никитин М.А. Происхождение жизни. От туманности до клетки. М.: «Альпина нон-фикшн», 2016. 542 с.
- Nikitin M.A. The Origin of life. From the nebula to the cage. М.: «Alpina non-fiction», 2016. 542 p. (in Russian).
12. Руденко А.П. Саморазвивающиеся каталитические системы // Доклады АН СССР. 1964. Т. 159. С. 1374–1377.
- Rudenko A.P. self-Developing catalytic systems // Doklady AN CCCP. 1964. vol. 159. P. 1374–1377 (in Russian).
13. Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул. М.: «Мир», 1982. 270 с.
- Eigen M., Schuster P. The Hypercycle. Principles of self-organization of macromolecules. М.: «Mir», 1982. 270 p. (in Russian).
14. Chetverina H.V., Chetverin A.B. Cloning of RNA molecules in vitro. Nucleic Acids Research. 1993. Vol. 21. P. 2349–2353.
15. Юшкин Н.П. Структура и проблемы биоминералогии. Сыктывкар: Геопринт, 2003. 20 с.
- Yushkin N.P. Structure and problems of biomineralogy. Syktyvkar: Geoprint, 2003. 20 p. (in Russian).
16. Ehrenfreund P., Rasmussen S., Cleaves J., Chen L. Experimentally tracing the key steps in the origin of life: The aromatic world. Astrobiology. 2006. Vol. 6. № 3. P. 490–520.
17. Снытников В.Н. Абиогенный допланетный синтез пребиотического вещества // Вестник Российской академии наук. 2007. Т. 77. № 3. С. 218–226.
- Snytnikov V.N. Abiogenic pre-planetary synthesis of prebiotic substance // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2007. Vol. 77. № 3. P. 218–226 (in Russian).
18. Morowitz H.J. Beginnings of Cellular Life: Metabolism Recapitulates Biogenesis. Yale University Press, 1993. 208 p.
19. Carnall J.M.A., Waudby C.A., Belenguer A.M., Stuart M.C.A., Peyralans J. J.-P., Otto S. Mechano-sensitive Self-Replication Driven by Self-Organization. Science. 2010. V. 327. P. 1502–1506. DOI: 10.1126/science.1182767.
20. Горькавый Н.Н., Таскаев С.В., Дудоров А.Е., Кочеров А.В. Базальтовые нити в пыли Челябинского болида: аналог волос пеле // Челябинский суперболид. Челябинский государственный университет. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2016. С. 148–153.
- Gorkavyu N.N., Taskaev S.V., Dudorov A.E., Kocherov A.V. Basalt fiber in the dust of the Chelyabinsk bolide: an analogue of Pele's hair // Chelyabinsk superbolid. Chelyabinsk state University. Chelyabinsk: Izd-vo Chelyab. gos. un-ta, 2016. P. 148–153 (in Russian).
21. Малеев М.Н. Свойства и генезис природных нитевидных кристаллов и их агрегатов. М.: «Наука», 1971. 199 с.
- Maleev M.N. Properties and Genesis of natural filamentary crystals and their aggregates. М.: «Nauka», 1971. 199 p. (in Russian).
22. Жабин А.Г. Онтогенез минералов (агрегаты). М.: «Наука», 1979. 275 с.
- Zhabin A.G., Ontogeny of minerals (aggregates). М.: «Nauka», 1979. 275 p. (in Russian).
23. Корляков К.А. Емкость среды: монография. Челябинск. Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2018. 385 с.
- Korlyakov K.A. Medium Capacity: monograph. Chelyabinsk: Izd-vo Chelyab. gos. un-ta, 2018. 385 p. (in Russian).
24. Северцов А.С. Причины и условия формирования ароморфной организации // Журнал общей биологии. 2008. Т. 69. № 2. С. 94–101.
- Severtsov A. C. Causes and conditions of formation aromatic organization // Journal of General biology. 2008. Vol. 69. № 2. P. 94–101 (in Russian).
25. Сорохтин О.Г., Чилингар Д.В., Сорохтин Н.О. Теория развития Земли: происхождение, эволюция и трагическое будущее. Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2010. 751 с.
- Sorokhtin O.G., Chilingar D.V., Sorokhtin N.O. Theory of the Earth's development: origin, evolution and tragic future. Izhevsk: In-t komp'yuterny'x issledovaniy, 2010. 751 p. (in Russian).
26. Wachtershäuser G. Before enzymes and templates: theory of surface metabolism. Microbiol. Mol. Biology. 1988. Vol. 52. № 4. P. 452–484.
27. Vester F., Ulbricht T.L.V., Krauch H. Optische Aktivität und die Paritätsverletzung im β -Zerfall. Naturwissenschaften. 1959. Vol. 46. № 2. P. 68–69.
28. Rosenberg R.A. Spin-Polarized Electron Induced Asymmetric Reactions in Chiral Molecules. Electronic and Magnetic Properties of Chiral Molecules and Supramolecular Architectures. 2010. Vol. 298. P. 279–306. DOI: 10.1007/128_2010_81.
29. Dreiling J.M., Gay T.J. Chirally Sensitive Electron-Induced Molecular Breakup and the Vester-Ulbricht Hypothesis. Phys. Rev. Lett. 2014. no. 113. P. 1–8. DOI: 10.1103/PhysRevLett.113.118103.
30. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М.-Л.: Изд-во ВИАМ, 1935. 206 с.
- Bauer E.S., Theoretical biology. М.-Л.: Izd-vo VIE'M, 1935. 206 p. (in Russian).
31. Авсюк Ю.Н., Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я., Светлосанова З.П. Широтная зависимость областей осадконакопления как проявление хода приливной эволюции системы Земля – Луна – Солнце // Доклады Академии наук. 2005. Т. 402. № 5. С. 643–646.
- Avsyuk Y.N., Genshaft Y.S., Saltykovsky A.Y., Svetlosanova Z.P. Latitudinal zonality of sedimentation areas as a manifestation of the evolution of the Earth-Moon-Sun tidal system // Doklady Earth Sciences. 2005. Vol. 402. № 5. P. 659–661 (in Russian).
32. Галимов Э.М., Кривцов А.М., Забродин А.В., Легкоступов М.С., Энеев Т.М., Сидоров Ю.И. Динамическая модель образования системы Земля – Луна // Геохимия. 2005. № 11. С. 1139–1150.
- Galimov E.M., Krivtsov A.M., Zabrodin A.V., Legkostupov M.S., Eneev T.M., Sidorov Y.I. Dynamic model of the earth-Moon system formation // Geochemistry. 2005. № 11. P. 1139–1150 (in Russian).
33. Марков А.В. Ядро Земли и ядро клетки – что общего? // Экология и жизнь. 2010. № 9. С. 50–55.
- Markov A.V. The core of the Earth and the nucleus of the cell – what is common? // Ecology and life. 2010. № 9. P. 50–55 (in Russian).
34. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойство, строение, образование. СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2004. 248 с.
- Popov A.I. Humic substances: property, structure, formation. SPb.: Izd-vo Sankt-Peterb. un-ta, 2004. 248 p. (in Russian).
35. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: «Либропром», 2014. 592 с.
- Suzdalev I.P. Nanotechnology: physics and chemistry of nanoclusters, nanostructures and nanomaterials. М.: «Libro-prom», 2014. 592 p. (in Russian).
36. Корляков К.А. Некоторые данные об изменении органических молекул в различных гидродинамических условиях среды и теоретические предпосылки для создания климатического биореактора – прибора для изучения реакций абиогенеза // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2018. Т. 1. № 4 (23). С. 9–12.
- Korlyakov K.A. Some data on the change of organic molecules in various hydrodynamic conditions of the environment and theoretical prerequisites for the creation of a climatic bioreactor – a device for studying the reactions of abiogenesis // Bulletin of the Council of young scientists and specialists of the Chelyabinsk region. 2018. Vol. 1. № 4 (23). P. 9–12 (in Russian).