

## Раздел 2. Историческая геоэкология

### Тема 1. Происхождение жизни на Земле

В разное время относительно возникновения жизни на Земле выдвигались следующие гипотезы:

- гипотеза самозарождения
- гипотеза стационарного состояния жизни
- гипотеза панспермии
- гипотеза биохимической эволюции
- гипотеза «РНК-мира»

Вначале в науке вообще не существовало проблемы возникновения жизни, потому что учеными античного мира допускалась возможность постоянного зарождения живого из неживого. Великий Аристотель не сомневался в самозарождении лягушек. Философ Плотин в 3-ем веке до новой эры утверждал, что живые существа самозарождаются в земле в процессе гниения. Эта идея **самопроизвольного зарождения** организмов, видимо, представлялась многим поколениям наших далеких предков очень убедительной, так как просуществовала, не меняясь, долгие века, вплоть до 17-го века.

И только в 60-х гг. 19-го века французский ученый Луи Пастер в своих опытах продемонстрировал, что микроорганизмы появляются в органических растворах только потому, что туда раньше был занесен зародыш.

Таким образом, опыты Пастера имели двоякое значение:

- доказали несостоятельность концепции самопроизвольного зарождения жизни;
- обосновали идею о том, что все современное живое происходит только от живого.

Примерно в тот же период немецкий ученый Г. Рихтер разработал теорию занесения живых существ на Землю из космоса. Он утверждал, что зародыши могли попасть на Землю вместе с космической пылью и метеоритами и положить начало эволюции живого, которая породила все многообразие земной жизни. Эта концепция называлась концепцией **панспермии**. Но она не получила научного доказательства, так как примитивные организмы или зародыши должны были бы погибнуть под действием ультрафиолетовых лучей и космического излучения на ранней Земле.

Согласно гипотезе **стационарного состояния**, Земля никогда не возникала, а существовала вечно; она всегда была способна поддерживать жизнь. Согласно этой версии, виды также никогда не возникали, они существовали всегда, и у каждого вида есть лишь две возможности — либо изменение численности, либо вымирание.

## 2.1.Общепланетарные предпосылки возникновения и развития жизни

**Первое условие:** жизнь может развиваться на планете, масса которой соответствует оптимальной величине. Крупные планеты (Юпитер, Сатурн) , масса которых превышает 0,01 массы Солнца по своим температурным данным непригодны для развития жизни, равно как и планеты малой массы типа Меркурия и Луны, которые в силу слабой интенсивности тяготения не способны удерживать в течение длительного времени атмосферу, необходимую для развития жизни. Из планет Солнечной системы первому условию удовлетворяют лишь Земля, Венера и меньшей степени Марс. Вероятность встречи в Космосе планеты подходящей массы оценивается в 1%.

**Второе условие:** относительное постоянство и оптимум радиации, получаемой от центрального светила. Для соблюдения этого условия планета должна иметь орбиту, ее расстояние от звезды не должно быть слишком малым или слишком большим. Светило должно характеризоваться относительным постоянством излучения. Вероятность второго условия оценивается в 0,01%.

**Третье условие:** наличие на планете некоторых веществ и в первую очередь **жидкой воды**. Значение воды в жизнедеятельности организмов определяется целым рядом ее уникальных физических свойств. Термические свойства – большая теплоемкость, низкая теплопроводность, расширение перед замерзанием, резкое увеличение плотности при 4°C. Свойства растворителя и исключительная подвижность. Высокое поверхностное натяжение. Несжимаемость. Оптические особенности, в первую очередь прозрачность.

## 2.2. Гипотеза биохимической эволюции

### Этап абиогенной молекулярной эволюции

Относительно условий, в которых происходил синтез простейших органических соединений, существует две гипотезы. Сторонники одной из них предполагают, что этот синтез происходил в **земных** условиях, сторонники другой – в **космических**, в период, предшествовавший образованию Земли.

Основные «органические» соединения, найденные в углистых метеоритах [30]

Углеводороды	Другие соединения
<i>Насыщенные углеводороды</i> <i>n</i> -Алканы Алканы с разветвленной цепью Изопrenoиды Циклоалканы  <i>Олефиновые углеводороды</i>  <i>Ароматические углеводороды</i> Алкилбензолы Нафталин Аценафтенy Аценафтилены Фенантрены, антрацены Пирены	<i>Карбоновые кислоты</i> Жирные кислоты с неразветвленной цепью Бензолкарбоновые кислоты Оксibenзойные кислоты  <i>Азотистые соединения</i> Пиримидины Пурины Гуанилмочевина Триазины Порфирины

Органические соединения постепенно могли накапливаться в первичном океане. Этот этап пути возникновения жизни нередко образно называют **этапом образования «первичного бульона»**. Именно органические вещества, накопившиеся в гидросфере, должны были служить не только материалом для создания первых организмов, но и необходимой питательной средой для них.

Анализ возможных оценок количества органического вещества, которое накопилось неорганическим путем на ранней Земле, впечатляет: по некоторым расчетам за 1 млрд. лет над каждым квадратным сантиметром земной поверхности образовалось несколько килограммов органических соединений. Если их все растворить в мировом океане, то концентрация раствора была бы приблизительно 1%. Это довольно концентрированный «органический бульон». В таком «бульоне» мог вполне успешно развиваться процесс образования более сложных органических молекул.

## Возникновение живых организмов

Предложено несколько гипотез, позволяющих понять закономерности этого этапа. До недавнего времени наиболее разработанной считалась гипотеза А.И.Опарина о **коацерватной стадии** в развитии жизни.

1. Органические соединения, накапливающиеся в толще водоемов, в результате бесчисленных взаимодействий друг с другом формировали отдельные сгущения – **коацерваты** (коацерватные капли).
2. Благодаря высокой сорбционной емкости коацерваты сорбировали различные органические и неорганические вещества, в результате чего изменялись их состав и внутреннее строение.
3. В массе коацерватных капель шел отбор наиболее устойчивых в данных условиях. При этом сохранялись и продолжали расти те из них, которые мало отличались по составу от окружающей их среды.
4. Достигнув определенных размеров материнская коацерватная капля распадалась на дочернии. Судьба последних зависела от степени сходства их структуры с материнской каплей. Сохранялись те капли, которые не теряли особенностей своей структуры, т.е. приобретали способность к **самовоспроизведению**.

Возникновение жизни на Земле - процесс последовательного усложнения углеродистых соединений и формирующихся из них многомолекулярных систем. Условно можно разделить весь этот длительный эволюционный процесс на ряд стадий:

1. Возникновение углеводородов и их ближайших производных при формировании Земли как планеты и при образовании земной коры, атмосферы и гидросферы;

2. Превращение на земной поверхности исходных углеродистых соединений во все более сложные органические вещества. Возникновение так называемого «первичного бульона»;

3. Самоформирование в этом «бульоне» индивидуальных открытых систем, способных взаимодействовать с окружающей средой и на этой основе расти и размножаться (образование так называемых «протобионтов»);

4. Дальнейшая эволюция «протобионтов», совершенствование их обмена веществ, молекулярной и надмолекулярной структуры на основе предбиологического отбора и возникновение первичных организмов.

У гипотезы А.И.Опарина есть как сильные, так и слабые стороны.

Сильной стороной гипотезы является достаточно точное **соответствие ее теории химической эволюции**, согласно которой в процессе добиологической (абиогенной) эволюции материи зарождение жизни - закономерный результат. Убедительным аргументом в пользу этой концепции является также **возможность экспериментальной проверки ее основных положений**. Это касается не только лабораторного воспроизведения предполагаемых физико-химических условий первобытной Земли, но и коацерватов, которые имитируют доклеточный предок жизни и его функциональные способности.

Слабой стороной гипотезы А.И. Опарина является допущение возможности самовоспроизведения коацерватных структур **в отсутствие молекулярных систем с функциями генетического кода**. А это значит, что в рамках концепции Опарина не удастся решить главную проблему - о движущих силах саморазвития химических систем и перехода от химической эволюции к биологической, раскрыть причину таинственного скачка от неживой материи к живой. Опарин полагал, что сложные молекулы аминокислот случайно объединялись в пептиды, которые, в свою очередь, создали первоначальные белки. Из этих белков синтезировались первичные живые существа микроскопических размеров.

## 2.3. Гипотеза «РНК-мира»

Нам известна только одна жизнь – земная, для которой характерны два основных свойства:

- наличие **наследственной информации**,
- активное осуществление функций, направленных на самоподдержание, рост и размножение, а также на получение энергии, необходимой для выполнения всей этой **работы**.

Все живое на Земле справляется с этими задачами при помощи трех классов сложных органических соединений: ДНК, РНК и белков. ДНК взяла на себя первую задачу – хранение **наследственной информации**. Белки отвечают за вторую: они выполняют все виды активных **"работ"**. Разделение труда у них очень строгое. Белки не хранят наследственную информацию, ДНК не совершает активной работы.

Что касается РНК, то выяснилось, что только она может выполнять сразу **обе** главные жизненные задачи – и хранение информации, и активную работу. Стало ясно, что возможен полноценный живой организм, не имеющий ни белков, ни ДНК, в котором все функции выполняются только молекулами РНК. Конечно, ДНК *лучше* справляется с задачей хранения информации, а белки – с "работой", но это уже мелочи. **РНК-организмы** могли приобрести белки и ДНК позже, а поначалу обходиться без них. Так появилась **гипотеза «РНК-мира»**, согласно которой первые живые организмы были **РНК-организмами без белков и ДНК**.

**Мир РНК** — гипотетический этап возникновения жизни на Земле, когда как функцию хранения генетической информации, так и катализ химических реакций выполняли ансамбли молекул рибонуклеиновых кислот. Впоследствии из их ассоциаций возникла **современная ДНК-РНК-белковая жизнь**, обособленная мембраной от внешней среды. Идея мира РНК была впервые высказана Карлом Вёзе в 1968 году, позже развита Лесли Оргелом и окончательно сформулирована Уолтером Гильбертом в 1986 году.

В качестве обоснования первичности гетеротрофного питания можно привести следующую аргументацию.

1. Все современные организмы обладают системами, приспособленными к использованию готовых органических веществ как исходного строительного материала для процессов биосинтеза.

2. Преобладающее большинство видов организмов в современной биосфере Земли может существовать только при постоянном снабжении готовыми органическими веществами.

3. У гетеротрофных организмов не встречается никаких признаков или рудиментарных остатков тех специфических ферментных комплексов и биохимических реакций, которые необходимы для автотрофного способа питания. Последний довод наиболее существен.

Таким образом, приведенная выше аргументация свидетельствует о вторичности автотрофной фотосинтетической жизни в биосфере на нашей планете.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что первичная биосфера нашей планеты, во-первых, ограничивалась водной средой, во-вторых, была насыщена гетеротрофными организмами, которые питались растворенными в воде органическими веществами, ранее возникшими преимущественно в космохимических условиях. Длительность существования подобной биосферы, скорее всего, занимала очень небольшой отрезок геологического времени.



## 2.4. Выводы

Пять условий способствовало прогрессивной эволюции, результатом которой явилось появление живых организмов.

1. Имелась масса относительно простых органических компонентов – молекул сахаров, аминокислот, азотистых оснований, жирных кислот и других веществ, а также минеральных соединений.

2. Эти компоненты взаимодействовали между собой, образуя более сложные комплексы, в частности коацерваты.

3. Имелась свободная энергия в виде ультрафиолетового излучения Солнца, под воздействием которого шел синтез более сложных соединений из относительно простых, а также, видимо, ускорялись синтетические процессы у протоорганизмов

4. Неоднородность среды формирования обеспечивала в одних условиях деструкцию возникающих комплексов, в других – оптимальный режим для протекания реакций синтеза.

Взаимодействие процессов синтеза и деструкции привело к круговороту органического вещества – зародышу будущего биотического круговорота.

5. Возникновение на базе элементарных форм отбора способности к самовоспроизведению открыло широчайшие возможности прогрессивной эволюции в сторону появления жизни.

Образованию органических веществ способствовало отсутствие живых организмов – потребителей органики – и главного окислителя – кислорода. Сложные молекулы аминокислот случайно объединялись в пептиды, которые, в свою очередь, создали первоначальные белки. Из этих белков синтезировались первичные живые существа микроскопических размеров.

## С лекций:

В 1957 в Москве состоялся симпозиум, на котором выступил Миллер со своим экспериментом: он создал газовую камеру (к-ая имитировала первичную атму), создал заряд. Через нек-е время обнаружил органич в-ва.

Важнейший вывод эксперимента: невозможность спонтанного синтеза в современной атмосфере, т.к. она содержит значит-е кол-во кислорода, к-й вызывает разрушение органич соединений, путем их окисления. Но сейчас мы не окисляемся, т.к. защищены мембранами клеток.

Др точка зрения: органич в-ва образ-сь не на Земле. Возраст Земли 4,5 млрд лет. Древнейшие осад породы 4 млрд лет. Тогда уже были сине-зел водоросли, достаточно высокого организованные, с раотающим аппаратом фотосинтеза. Предшественниками сине-зел фотосинтетиков (по мнению Войткевича) были гетеротрофы (к-е питались неземной органикой). Жизнь на Земле суц-ет столько, сколько суц-ет сама Земля. А химич эволюция началась еще раньше, в космич усл-ях. В период, предшествующий периоду образ-я Земли

Углистые метеориты – или углистые хондриты – возраст 4,5-4,6 млрд лет. Соответствует возрасту солн системы, следов-но, явл-ся источниками историч событий. В них обнаружено (в отличие от др метеор) много органики, в т.ч аминокислоты. Это осколки некоторых живых организмов, но потом был точно доказан абиогенный характер органики. Состав верхн мантии Земли почти схож с составом углистых метеоритов.