

ЛЕКЦИЯ №14. ТЕОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Природа жизни, ее происхождение, разнообразие живых существ и объединяющая их структурная и функциональная близость занимают одно из центральных мест в биологии. Теории, касающиеся возникновения Земли и жизни на ней, да и всей Вселенной, разнообразны и далеко не достоверны. Среди множества теорий возникновения жизни на Земле рассмотрим основные:

- 1) жизнь была создана сверхъестественным существом в определенное время (креационизм);
- 2) жизнь возникала неоднократно из неживого вещества (самопроизвольное зарождение).
- 3) жизнь существовала всегда (теория стационарного состояния);
- 4) жизнь занесена на нашу планету извне (панспермия);
- 5) жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам (биохимическая эволюция).

Рассмотрим эти теории подробнее.

1. Креационизм. Согласно этой теории жизнь возникла в результате какого-то сверхъестественного события в прошлом; ее придерживаются последователи почти всех наиболее распространенных религиозных учений. Процесс божественного сотворения мира считается произошедшим однократно и поэтому недоступен для наблюдения; этого достаточно, чтобы вынести всю концепцию божественного сотворения за рамки научного обсуждения. Наука занимается только теми явлениями, которые поддаются наблюдению, и поэтому она никогда не сможет ни опровергнуть, ни доказать эту концепцию.

2. Теория спонтанного зарождения. Эта теория была распространена в древнем Китае, Вавилоне и Египте как альтернатива креационизму, с которым она сосуществовала. Аристотель (384 – 322 до н. э.), которого часто называют основателем биологии, придерживался теории спонтанного зарождения из неживого вещества. Согласно его гипотезе, определенные “частицы” вещества содержат некое “активное начало”, которое при подходящих условиях может создать живой организм. Например, лягушки и насекомые при определенных условиях заводятся в сырой почве. Аристотель был прав, полагая, что это начало содержится в оплодотворенном яйце, но ошибочно считал, что оно есть в солнечном свете, тине и гниющем мясе. В 1688 г. итальянский биолог и врач Франческо Реди подверг сомнению теорию спонтанного зарождения. Проведя ряд экспериментов, с открытыми и закрытыми сосудами, он получил данные, подтверждающие мысль о том, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни (концепция биогенеза), провозгласив знаменитый принцип - “все живое – от живого”. Реди установил, что белые червячки, появляющиеся на гниющем мясе открытого сосуда – личинки мух. Эти эксперименты, однако, не привели к отказу от идеи самозарождения, и хотя она несколько отошла на задний план. В 1860 г. проблемой происхождения жизни занялся Луи Пастер, который к

этому времени уже многое сделать в микробиологии. В результате ряда экспериментов Пастер доказал справедливость теории биогенеза и окончательно опроверг теорию самозарождения. Однако подтверждение теории биогенеза породило другую проблему. *В колбочки ученый наливал питательные растворы, кипятил их. Потом нагревал горлышко колбы, оттягивал его в длинную трубку и запаивал кончик. Выйдя во двор, Пастер обламывал запаянный кончик. Воздух врывается в колбу и заносит туда микробы и их споры. После этого Пастер снова запаивал горлышко. Попавшие в колбу микробы размножились. Это видно по образовавшемуся на поверхности бульона мутному облачку.* Если для возникновения живого организма необходим другой живой организм, то откуда же взялся самый первый живой организм? Было ли это первичным самозарождением?

3. Теория стационарного состояния. Согласно этой теории, Земля никогда не возникала, а существовала вечно, она всегда способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то очень мало. Виды также существовали всегда. Сторонники этой теории не признают, что наличие или отсутствие определенных ископаемых остатков может указывать на время появления или вымирания того или иного вида, и приводят в качестве примера представителя кистеперых рыб – латимерию. Они утверждают, что только изучая ныне живущие виды и сравнивая их с ископаемыми остатками, можно делать вывод о вымирании, да и в этом случае весьма вероятно, что он окажется неверным. Используя палеонтологические данные для подтверждения теории стационарного состояния, ее немногочисленные сторонники интерпретируют появление ископаемых остатков в экологическом аспекте (увеличение численности, миграции в места благоприятные для сохранения остатков и т. п.). Большая часть доводов в пользу этой теории связана с такими неясными аспектами эволюции, как значение разрывов в палеонтологической летописи, и она наиболее подробно разработана именно в этом направлении.

4. Теория панспермии. Эта теория не предлагает никакого механизма для объяснения первичного возникновения жизни, а выдвигает идею о ее внеземном происхождении. Поэтому ее нельзя считать теорией возникновения жизни как таковой; она просто переносит проблему в какое-то другое место Вселенной. Теория панспермии утверждает, что жизнь могла возникнуть один или несколько раз в разное время в разных частях Галактики или Вселенной. Для обоснования этой теории используются многократные появления НЛО, наскальные изображения предметов, похожих на ракеты и “космонавтов”, а также сообщения встречах с инопланетянами. При изучении материалов метеоритов и комет в них были обнаружены многие “предшественники живого” – такие вещества, как цианогены, синильная кислота и органические соединения, возможно сыгравшие роль “семян”, падавших на голую Землю. Появился ряд сообщений о нахождении в метеоритах объектов, напоминающих примитивные формы жизни, однако доводы в пользу их биологической природы пока не кажутся ученым убедительными.

5. Биохимическая эволюция. В современном естествознании наиболее обоснованной считается теория абиогенного происхождения жизни,

выдвинутая в 1923 г. российским биохимиком А.И. Опариным. Основной идеей этой теории было обоснование того, что зарождение жизни – это длительный процесс зарождения живой материи в недрах неживой. Выделяют три основных этапа предположительного перехода от “неживого” к “живому”.

1. Этап синтеза исходных органических соединений из неорганических веществ в условиях первичной атмосферы и состояния поверхности Земли.

2. Этап формирования в первичных водоемах Земли из накопившихся органических соединений биополимеров, углеводов, липидов.

3. Самоорганизация сложных органических соединений, возникновение на их основе и эволюционное совершенствование процессов обмена веществ и воспроизводства органических структур данного состава, завершающееся образованием простейшей клетки.

Не все ясно с первыми двумя этапами, а в отношении третьего признака прояснения появились только в последние годы.

Как известно возраст нашей планеты 4-4,5 млрд лет. В прошлом состояние нашей планеты было мало похоже на нынешнее: температура на поверхности была очень высокой (4000 – 8000°C), и по мере того, как Земля остывала, углерод и тугоплавкие металлы конденсировались и образовали земную кору; поверхность планеты была голой и неровной, так как на ней в результате вулканической активности, подвижек и сжатий коры, вызванных охлаждением, происходило образование складок и разрывов.

Полагают, что гравитационное поле еще недостаточно плотной планеты не могло удерживать легкие газы: водород, кислород, азот, гелий и аргон, и они уходили из атмосферы. До тех пор, пока температура Земли не упала ниже 100°C, вся вода находилась в парообразном состоянии. *Примитивная атмосфера Земли была восстановительной*, то есть освобождающей кислород из кислородных соединений, о чем свидетельствует наличие в самых древних горных породах металлов в восстановленной форме (например, двухвалентное железо). Более молодые породы содержат металлы в окисленной форме (Fe^{3+}). Восстановителем был водород – главный элемент Вселенной. По оценкам, в первичной атмосфере Земли парциальное давление водорода составляло 0,002%. Это достаточно высокое значение. В 1923 г. А.И. Опарин, исходя из теоретических соображений, высказал мнение, что органические вещества, возможно углеводороды, могли создаваться в океане из более простых соединений. *Отсутствие кислорода, вероятно, было необходимым условием для возникновения жизни*; как показывают лабораторные опыты, органические вещества (основа жизни) гораздо легче образуются в атмосфере бедной кислородом. Современная атмосфера, в отличие от первичной, содержит большое количество кислорода. Он мог возникнуть двумя путями: в результате разложения воды под действием УФ излучения Солнца, либо в результате фотосинтеза зеленых растений. Сегодня принято считать, что атмосферный кислород имеет фотосинтетическое происхождение (то есть кислород в сегодняшней концентрации появился только после зарождения жизни). Следовательно, растения, жизнь, должны

были возникнуть на Земле в восстановительной атмосфере. И это понятно: кислород просто окислял бы те химические соединения, из которых могли бы возникнуть биологические макромолекулы. Дополнительным аргументом в пользу возникновения первичных органических соединений в восстановительной атмосфере служит существование анаэробных бактерий.

Органические соединения могли возникнуть в восстановительных условиях при наличии источников энергии, имеющих разную природу (табл. 1). Солнечное излучение, приходящее на поверхность Земли, имело значительную УФ компоненту (поглощаемую сегодня озоновым слоем, возникшим позже вместе с кислородом атмосферы). Это излучение обеспечивает энергией протекание химической реакции и в то же время разрушает сложные органические соединения. Следовательно, накопление таких соединений возможно только в динамике при наличии условий, обеспечивающих защиту от быстрого распада под действием УФ. Отметим, что эти условия создавались в неких особых, случайных точках. Именно поэтому важна не только мощность потока энергии, но и многообразие ее источников. Условия формирования сходных органических соединений крайне далеки от равновесия и порождены случаем. Так, одна из моделей первичного образования органических соединений состоит в следующем. Ранняя Земля была относительно молодым телом с разреженной восстановительной атмосферой, состоящей из смеси метана, аммиака, паров воды при общем давлении не более 10 мм. рт. ст. Температура поверхности не превышала -50°C , то есть литосфера была покрыта слоем льда. Поток солнечного излучения, особенно УФ часть, а также космическое излучение приводили к ионизации атмосферы. И она находилась в состоянии *холодной плазмы*.

В этом состоянии сосуществуют ионизированные атомы, ионы и электроны, однако их энергии достаточно малы. Подобную холодную плазму мы наблюдаем в газоразрядных трубках, лампах дневного света, бактерицидных лампах. Именно этот ионизированный газ и был основным источником энергии для поддержания химической эволюции органического вещества. В ионизированном газе легко возбудить электронные разряды.

Опыты показали, что из достаточно простых соединений углерода, кислорода, азота и тому подобное в условиях электрического разряда быстро образуется многообразие сложных органических соединений. Низкая температура поверхности и малая энергия частиц создавали условия для успешного протекания полимеризации ряда образовавшихся соединений. Рост массы этих полимеров приводил к их конденсации и выпадению на ледяной покров. Там они сохранялись до “лучших” времен.

Радиоактивный разогрев недр Земли пробудил тектоническую деятельность. Выделение газов уплотнило атмосферу, ее нижние слои перестали быть доступными для ионизирующего УФ излучения Солнца и высокоэнергетических космических частиц. Началось повышение температуры поверхности и образование первичных водоемов. Энергию для этих процессов поставляла интенсивная солнечная радиация, главным

образом ультрафиолетовое излучение, падавшее на Землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. По мнению Опарина, разнообразие находившихся в океанах простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался “первичный бульон”, в котором могла возникнуть жизнь. Именно здесь и появились сложные органические соединения – *макромолекулы (биополимеры), липиды, углеводы* (рис. 1, 2).

Таблица 1

Вероятные источники энергии первичной химической эволюции

| Источник энергии | Величина доступной энергии в год, Дж/м ² |
|---|--|
| Солнечная радиация | 10900000 |
| В том числе УФ излучение | от 119000 (длина волны 300 нм) до 650 (длина волны < 150 нм.) |
| Коронные разряды | 126 |
| Молнии | 42 |
| Естественная радиоактивность Земли | 117 |
| Ударные волны в космосе и акустика волны в атмосфере | 46 |
| Солнце, ветер и космическое излучение (корпускулярные потоки) | 8 |
| Вулканическое тепло | 6 |

***Липиды** – сложные эфиры жирных кислот и какого – либо спирта (сложный эфир – это продукт реакции между кислотой и спиртом: кислота + спирт → сложный эфир + вода). Липиды образуются из жирных кислот с формулой R – COOH, где R – атом водорода или особый радикал типа – CH₃ – C₂H₅ и другие.*

***Углеводы (сахариды)** – вещества с общей формулой C_x(H₂O)_y, где x и y могут иметь разные значения. Многие углеводы легко окисляются и являются мощными восстановителями. Углеводы делятся на три группы: моносахариды, дисахариды и полисахариды. Моносахариды – это простые сахара, имеющие формулу (CH₂O)_n, где n может изменяться от 3 до 9. Они являются источником энергии и благодаря высокой химической активности и структурному разнообразию играют роль строительных блоков для синтеза более крупных молекул. Наиболее распространенные формы моносахаридов – глюкоза, галактоза и фруктоза C₆H₁₂O₆. Дисахариды образуются путем соединения двух моносахаридов. Среди дисахаридов широко распространены мальтоза (глюкоза + глюкоза), лактоза (глюкоза + галактоза) и сахароза (глюкоза + фруктоза).*

Полисахариды как соединения многих моносахаридов играют роль резерва энергии и строительного материала (целлюлоза). Их типичные формы – крахмал, гликоген, целлюлоза, каллоза, инулин. Переход этих соединений в раствор резко ускорил процесс формирования более сложных соединений.



Рис. 1. Схема образования органических молекул из неорганического вещества

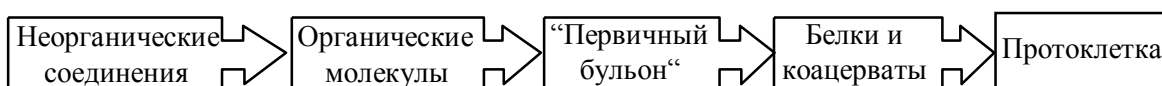


Рис. 2. Схема А.И. Опарина

Как показали эксперименты, в процессе размораживания липиды претерпевают самосборку, образуя в водоеме стабильные микросферы диаметром от 10 до 50 мкм. Такие сферы получили название коацерватных капель (впервые их наблюдал А.И. Опарин, придавая им важнейшее значение в переходе от неживой природы к предшественнице живой клетки).

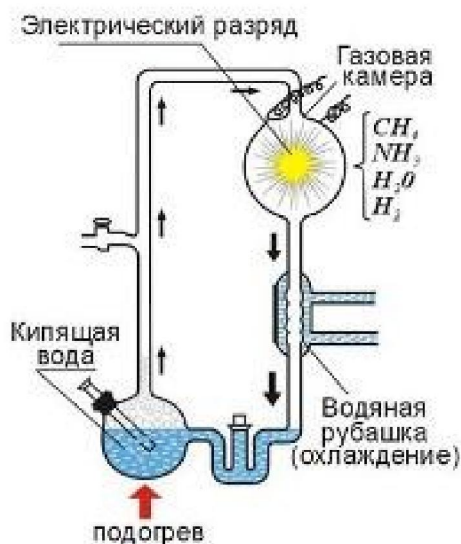


Рис. 3. Эксперимент Миллера

В 1953 г. Стэнли Миллер в ряде экспериментов моделировал условия, предположительно существовавшие на первобытной Земле. В созданной им установке (рис. 3) ему удалось синтезировать многие вещества, имеющие важное биологическое значение, в том числе ряд аминокислот, аденин и простые сахара, такие как рибоза. После этого Орджел в Институте Солка в сходном эксперименте синтезировал нуклеотидные цепи длиной в шесть мономерных единиц (простые нуклеиновые кислоты). Позднее возникло

предположение, что в первичной атмосфере в относительно высокой концентрации содержалась двуокись углерода. Недавние эксперименты, проведенные с использованием установки Миллера, в которую поместили смесь CO_2 и H_2O , и только следовые количества других газов, подтвердили результаты Миллера.

Теория Опарина завоевала широкое признание, но она не решает проблемы, связанные с переходом от сложных органических веществ к простым живым организмам. Именно в этом аспекте теория биохимической эволюции представляет общую схему, приемлемую для большинства биологов. Опарин полагал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежала белкам. Благодаря амфотерности белков они способны к образованию коллоидных гидрофильных комплексов – притягивают к себе молекулы воды, создающие вокруг них оболочку. Эти комплексы могут обособляться от водной фазы, в которой они суспензированы, и образовывать своего рода эмульсию. Слияние таких комплексов друг с другом приводит к отделению коллоидов от среды – процесс, называемый коацервацией. Богатые коллоидами коацерваты, возможно, были способны обмениваться с окружающей средой веществами и избирательно накапливать различные соединения, особенно кристаллоиды. Коллоидный состав данного коацервата, очевидно, зависел от состава среды. Разнообразие состава “бульона” в разных местах вело к различиям в составе коацерватов и поставляло таким образом сырье для “биохимического естественного отбора”. Предполагается, что в самих коацерватах входящие в их состав вещества вступали в дальнейшие химические реакции; при этом происходило поглощение коацерватами ионов металлов и образование ферментов. На границе между коацерватами и средой выстраивались молекулы липидов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивавшей коацерватам стабильность. В результате включения в коацерват предсуществующей молекулы, способной к самовоспроизведению и внутренней перестройки покрытого липидной оболочкой коацервата, могла возникнуть первичная клетка. Увеличение размеров коацерватов и их фрагментация, возможно, вели к образованию идентичных коацерватов, которые могли поглощать больше компонентов среды, так, что этот процесс мог продолжаться. Такая предположительная последовательность событий должна была привести к появлению примитивного самовоспроизводящегося гетеротрофного организма, питавшегося органическими веществами первичного бульона.

В описанном сценарии перехода от сложных органических веществ к простым живым организмам существует много белых пятен. Астроном Фред Хойл недавно высказал мнение, что мысль о возникновении жизни в результате описанных выше случайных взаимодействий молекул “столь же нелепа и неправдоподобна, как утверждение, что ураган, пронесшийся над мусорной свалкой, может привести к сборке Боинга-747”. Здесь нет даже намек на то, как возникла способность к самовоспроизведению. Но,

несмотря на это, рассмотренная гипотеза остается одним из самых перспективных направлений исследований формирования жизни.

Существует достаточно много моделей “добиологической” эволюции. Однако все они являются только первыми шагами на пути познания. Академик Б.С. Соколов по этому поводу высказывался следующим образом: “Путь, который прошел органический мир от бактерий до нас с вами, более прост, чем путь, который связал сложные, но предбиологические молекулы с биологической эволюцией, сформировав первых самовоспроизводящихся прокариот...”

Как указывал в 1912 г. русский естествоиспытатель К. А. Тимирязев, «..мы вынуждены допустить, что живая материя осуществлялась так же, как и все остальные процессы, путем эволюции... Процесс этот, вероятно, имел место и при переходе из неорганического мира в органический». В более широком смысле эволюцию мира, в течение которой происходит и появление жизни как феномена нового состояния материи, необходимо увязывать с космологической эволюцией в целом. Ее этапы можно представить себе следующим образом:

БВ→излучение + вещество→Галактики, Вселенная→
→планеты→первичная атмосфера→вторичная атмосфера, гидросфера→
→образование органических веществ, аминокислот→
→коацерватные капли – естественный отбор, мутация→
→ДНК – РНК→белок.