

**Происхождение  
жизни и  
биохимическая  
эволюция**

# Происхождение жизни

- Концепция сверхъестественного (божественного) происхождения живого – **креационизм**.
- Основные формы жизни, человечество и мир в целом рассматриваются как непосредственно созданные Творцом (Богом).
- В настоящее время креационизм представляет собой широкий спектр концепций (богословских, философских претендующих на научность), которые, однако, отвергаются официальным академическим научным сообществом.

# Происхождение жизни

- День первый – сотворение света и тьмы.
- День второй – сотворение тверди и неба.
- День третий – сотворение суши и морей, растений.
- День четвертый – сотворение дня и ночи, времени, светил на тверди небесной.
- День пятый – сотворение пресмыкающихся, птиц и рыб.
- День шестой – сотворение животных и человека.

И сказал Бог: да будет свет; и стал свет.

И увидел Бог свет, что он хорош; и отделил Бог свет от тьмы. И назвал Бог свет днем, а тьму ночью.



И сказал Бог: да будет твердь посреди воды, и да отделяет она воду от воды; (и стало так). И создал Бог твердь. И назвал Бог твердь небом; (и увидел Бог, что это хорошо). И был вечер, и было утро: день второй.



И сказал Бог: да соберется вода, которая под небом, в одно место; и да явится суша; и стало так. И назвал Бог сушу землею, а собрание вод назвал морями; и сказал Бог: да произрастит земля зелень, траву и дерево.



И сказал Бог: да будут светила на тверди небесной для  
освещения земли, и для отделения дня от ночи, и для  
знамений, и времен, и дней, и годов, и да будут они  
отделять свет от тьмы.



И сказал Бог: да произведет земля душу живую по роду ее, скотов и гадов, и зверей земных по роду их; и стало так. И создал Бог зверей земных по роду их, и скот по роду его, и всех гадов земных по роду их.





И сказал Бог: сотворим человека по образу Нашему, (и) по подобию Нашему; и да владычествуют они над рыбами морскими и над птицами небесными, (и над зверями), и над скотом, и над всею землею, и над всеми гадами, пресмыкающимися по земле.







# Происхождение жизни

- Христианский **буквалистский креационизм** настаивает на буквальном следовании Книге Бытия Ветхого Завета – мир создан Богом за шесть дней.
- **Метафорический креационизм** – шесть дней творения рассматриваются как метафора, в действительности же одному дню творения соответствуют миллионы или миллиарды лет.
- **Креационизм постепенного творения** – Бог непрерывно направляет процесс изменения биологических видов и их появление (отвергает теорию эволюции и естественный отбор).

# Происхождение жизни

- **Теистический креационизм (эволюционный)** признает теорию эволюции, причем эволюция считается инструментом Бога-творца в осуществлении его замысла. Принимает почти все основные идеи современной науки, ограничивая чудесное вмешательство Творца такими не изучаемыми наукой актами, как сотворение бессмертной души у человека.
- **Научный креационизм** утверждает, что можно получить научные подтверждения библейского акта творения (например, Всемирного потопа).

# Происхождение жизни

- Согласно критерию научности Поппера, креационизм является не научной теорией, а религиозной верой.
- «Теория является верифицируемой/фальсифицируемой, если существует методологическая возможность ее подтверждения/опровержения путем постановки эксперимента, даже если такой эксперимент еще не был поставлен».
- Креационизм вводит непроверяемые понятия (такие как Бог-Творец), опровергнуть его с помощью научных методов в принципе невозможно.

# Происхождение жизни

- **Концепция многократного самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества** возникла в древности, ее придерживался еще Аристотель.
- Голландский ученый Ян ван Гельмонт в XVII веке описал свой опыт, утверждая, что живые мыши зарождаются из грязного белья и горсти зерна, запертых в шкафу.
- В 1688 г. итальянский ученый Франческо Реди проверил гипотезу самозарождения жизни, поместив в четыре сосуда мертвую змею, немного рыбы, дохлых угрей и кусок телятины. В открытых сосудах мясо и рыба зачервивели, в запечатанных, в которые не залетали мухи, – нет.
- **Принцип Реди: «Все живое происходит от живого»**

# Происхождение жизни

- Открытие в XIX веке микроорганизмов повысило интерес к самозарождению жизни.
- Луи Пастер (1822-1895) показал, что если при опыте устранена возможность попадания микроорганизмов в питательный бульон (например, с пылью), он не изменяется, несмотря на доступ воздуха.
- Опыты Пастера показали, что все микроорганизмы не возникают, а размножаются. Если зародыши микроорганизмов уничтожены (**пастеризация**) и их проникновение из внешней среды невозможно, то нет ни брожения, ни гниения.



# Происхождение жизни

- Пастер показал, что заразные болезни возникают в результате проникновения в организм **микробов** – на этом принципе основана вся теория и практика борьбы с заразными болезнями человека, животных и растений.
- Пастер выделил возбудителей холеры, сибирской язвы, бешенства и разработал способ борьбы с заразными болезнями – **вакцинацию**.
- Вакцины(прививки) содержат ослабленных возбудителей болезни. Их введение позволяет организму сформировать иммунитет.

# Луи Пастер

- Луи Пастер исследовал в своей лаборатории культуру бактерии оспы. Неожиданно к нему явился незнакомец и представился секундантом одного вельможи, которому показалось, будто ученый оскорбил его. Вельможа требовал удовлетворения. Пастер выслушал посланца и сказал: "Раз меня вызывают, я имею право выбрать оружие. Вот две колбы; в одной бактерии оспы, в другой - чистая вода. Если человек, приславший вас, согласится выпить одну из них на выбор, я выпью другую". Дуэль не состоялась".



# Происхождение жизни

- **Концепция панспермии** связывает появление жизни на Земле с ее занесением из космического пространства. Разделяется многими учеными, интерес к ней периодически возрастает.
- В 1908 г. шведский физик и химик Сванте Аррениус разработал концепцию **радиационной панспермии**: в результате миграции по Вселенной, вызванной давлением солнечного света (или давлением света другой звезды) споры термостойких бактерий попали на Землю, например, с Венеры.
- Ф.Хойл и С.Викремасинг предположили, что межзвездная пыль есть не что иное, как бактерии, вирусы и высушенные водоросли.
- Земля могла образоваться в результате аккумуляции холодной межзвездной пыли, получив и зародыши жизни.

# Происхождение жизни

- **Литопанспермия** (М.Кельвин) – биологический материал мог попасть на Землю с метеоритным веществом.
- Внутри метеоритов обнаружены аминокислоты, причем как с левой, так и с правой оптической асимметрией (в составе всего живого на Земле – только аминокислоты с левой асимметрией).
- Гипотеза **кометного происхождения жизни** – внутри комет обнаружены сложные углеводородные молекулы и глинистые частицы. Предполагает внеземное происхождение вирусов, вызвавших глобальные эпидемии.

# Происхождение жизни

- **Направленная панспермия** (Ф.Крик, Л.Оргел, 1974 г.) – жизнь на Земле возникла вследствие целенаправленной деятельности внеземной цивилизации. Аргумент – универсальность генетического кода всего живого, свидетельствующая о происхождении от одного микроорганизма, привезенного из космоса.
- **Обратно направленная панспермия** - отправка земного генетического материала на планетные системы других звезд (проект). Космические аппараты под «космическим парусом» направляются к выбранным звездам, различные земные организмы, находящиеся в состоянии анабиоза.

# Происхождение жизни

- **Ускоренная обратная панспермия:** в 1961 г. К. Саган предложил распылять сине-зеленые водоросли в атмосфере **Венеры** с тем, чтобы их жизнедеятельность изменила климат Венеры и сделала его пригодным для обитания человека.
- Рассматривается целесообразность отправки земных микроорганизмов на **Марс**. Сначала – микроорганизмы, способные питаться неорганическими веществами грунта и создать органическую биомассу. Затем – микроорганизмы, вырабатывающие аммиак для создания «парникового эффекта» и потепления климата. Затем – сине-зеленые водоросли, вырабатывающие кислород для формирования атмосферы и озонового слоя.

# Происхождение жизни

- **Концепция стационарного состояния** предполагает, что Земля и жизнь на ней существовала всегда, причем в неизменном состоянии (противоречит данным палеонтологии).
- **Концепция биохимической эволюции** является общепринятой в естествознании в настоящее время. Предполагает, что жизнь зародилась на Земле естественным путем в результате химических, а затем биохимических процессов.

# Происхождение жизни

- Современные представления о происхождении жизни восходят к гипотезам **А.И.Опарина** в России и **Дж.Холдейна** в Англии в 1920-х годах.
- Земля, образовавшаяся из протопланетного облака 4.5 млрд лет назад, имела температуру в несколько тысяч градусов.
- По мере остывания сформировалась земная кора, легкие газы (водород, азот, кислород) уходили из атмосферы, т.к. гравитационное поле еще недостаточно плотной планеты не могло их удержать.



# Происхождение жизни

- Атмосфера состояла, в основном, из тяжелых газов (аммиак,  $\text{CO}_2$ , метан, пары воды). **Отсутствие в атмосфере кислорода было необходимым** (формирование предбиологических соединений лучше происходит в восстановительной среде, чем в окислительной).
- С изменением температуры и давления конденсация воды привела к возникновению океанов.
- Из-за отсутствия озонового защитного слоя, характерного для современной атмосферы существовало мощное солнечное коротковолновое излучение.

# Происхождение жизни

В приповерхностном слое водной среды (на глубине 10-50 м) синтезировались и накопились органические вещества благодаря

- разнообразию находящихся в древнем океане простых соединений,
- громадной площади поверхности,
- высоким температурам,
- высокой интенсивности активирующего солнечного излучения,
- длительности процессов химической эволюции.

Возник тот «первичный питательный бульон», в котором могли сформироваться предбиологические структуры – белки и нуклеиновые кислоты.

# Происхождение жизни

- Предбиологические системы образовались в первый миллиард лет существования Земли, не оставивший следов в ее палеонтологической летописи.
- Возраст древнейших организмов, следы которых обнаружены в геологических отложениях, оценен в 3.2-3.5 млрд лет. Это минерализованные микроорганизмы, похожие на простейшие бактерии и микроводоросли - относительно сложные и не самые древние формы простейших организмов.
- Остается открытым вопрос о характере предбиологической системы, появившейся в результате химической эволюции в «темный» миллиард лет земной истории.

# Происхождение жизни

## Идея голобиоза (А.И.Опарин)

- Решающая роль в превращении неживого в живое принадлежит белкам
- Белковые молекулы способны к образованию коллоидных гидрофильных комплексов – обособляться от водной фазы и образовывать т.н. **коацерваты** с липидной оболочкой.
- Коацерваты поглощали вещества из окружающей среды, при включении различных катализаторов (ферментов) в них происходили химические превращения, их структура усложнялась.

# Происхождение жизни

- Обмен веществом с окружающей средой и все более сложное внутреннее строение приблизило коацерваты к живому веществу, способному к обмену веществ и размножению.
- **Недостаток** - не описывает возникновение ДНК и механизма кодировки и передачи наследственной информации.
- Астроном Фред Хойл: мысль о возникновении живого в результате случайных взаимодействий молекул «столь же нелепа и неправдоподобна, как утверждение, что ураган, пронесшийся над мусорной свалкой, может привести к сборке Боинга-747»

# Происхождение жизни

- **Идея генобиоза** утверждает первичность возникновения в результате химической эволюции молекулярной системы со свойствами генетического кода.
- **Концепция мира РНК**, предшествовавшего современной жизни: именно РНК могла представлять собой первичный генетический материал:
- В химическом синтезе и в биохимических реакциях РНК предшествуют ДНК (ДНК – продукт модификации РНК).
- Репликация РНК может происходить без участия ДНК, а редупликация ДНК требует участия РНК-затравки.
- РНК способна к выполнению ряда функций, присущих белкам, например, включая катализ.

# Происхождение жизни

- Идея **стартовой роли минералов** – минералы рассматриваются как катализаторы неорганического синтеза биополимеров и как информационные матрицы, структурно-функциональные предшественники генов (протогены).
- Информационная емкость минералов, насыщенных дефектами, сравнима с емкостью ДНК.
- Структура протогена- кристаллическая решетка минералов – в процессе совместной с синтезированными биополимерами эволюции развивается в спирали ДНК.

# Происхождение жизни

- Пока не удастся прояснить конкретные механизмы перехода от неживого к живому.
- **Концепция биохимической эволюции совместно с представлениями о возможности и закономерностях самоорганизации в открытых неравновесных системах указывает принципиальный путь решения проблемы происхождения жизни.**
- Возможность случайного образования молекулы, способной нести и передавать генетическую информацию, в результате многократных актов взаимодействия простых органических веществ имеет вероятность порядка  $1/10^{2000}$  и не может реализоваться за время, отведенное геологической историей.



# Происхождение жизни

- Переход от неживого к живому- возникновение и развитие зачатков двух основных жизненных систем:
- **Система обмена веществ (метаболизм);**
- **Система воспроизводства живой клетки.**
- Элементы живой системы постоянно разрушаются и образуются вновь. Этот процесс называется **биологическим обновлением**. Для его обеспечения необходим постоянный приток вещества и энергии извне, а также вывод во внешнюю среду части продуктов биохимических процессов, включая тепло.
- Живые организмы являются **открытыми неравновесными термодинамическими системами.** .

# Термодинамика живых систем

- В течение времени жизни системы ее элементы подвергаются распаду, обусловленному **увеличением энтропии**;
- Для компенсации неупорядоченности, возникающей в результате распада, в системе совершается работа по синтезу новых элементов взамен распавшихся; эта работа приводит к **уменьшению энтропии (негоэнтропии)** в живой системе, но одновременно повышает энтропию в окружающей среде.
- Для возникновения и существования живого организма необходимы источники, снабжающие его веществом и энергией, обладающие высокой **негоэнтропией**. Этими источниками являются органические вещества с запасенной в них химической энергией.

# Термодинамика живых систем

- Часть организмов синтезируют органические вещества из неорганических веществ (например, углекислого газа и воды) под действием солнечного света (фотосинтез) или в процессе окисления (хемосинтез, характерный для некоторых бактерий).
- Такие организмы называются **автотрофами**. Большинство автотрофов – зеленые растения, осуществляющих фотосинтез.
- При фотосинтезе энергия ЭМ излучения аккумулируется в виде энергий химических связей органических соединений.
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} (+h\nu) \rightarrow \text{углеводород} + \text{O}_2$

# Термодинамика живых систем

- Организмы, потребляющие энергию из готовых органических веществ, синтезированных автотрофами называются **гетеротрофами** (все животные и человек).
- Извлечение энергии из питательных веществ происходит при их расщеплении (**катаболизме**). Освободившаяся энергия расходуется на синтез необходимых веществ (**анаболизм**) при использовании кислорода (**дыхании**)  
$$\text{углеводород} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{энергия}$$
- Регулирование притока кислорода при дыхании позволяет регулировать процесс выделения энергии. Хранение энергии производится в виде химических связей промежуточных соединений **аденозинтрифосфатов (АТФ)** и затрачивается по мере необходимости на процессы синтеза в клетках, перенос веществ в организме, механическое движение, выделение тепла и др.

# Термодинамика живых систем

- Между автотрофами и гетеротрофами существует пищевая (трофическая) связь. Живые системы образуют **пищевые цепочки**:
- энергия солнечного ЭМ излучения □ растения, осуществляющие фотосинтез □ травоядные □ хищники □ ... □ микробы, перерабатывающие вещество отмерших организмов в неорганическое вещество.
- Впоследствии молекулы этих веществ могут участвовать в образовании живых существ. Таким образом, в биосфере сформирован **глобальный круговорот веществ**, который обусловлен т.н. **геохимическими циклами**.

# Термодинамика живых систем

- Питательные органические вещества, поглощаемые гетеротрофами, обладают большей упорядоченностью (негэнтропией), чем выделяемые продукты обмена, т.е. гетеротрофы переносят упорядоченность из внешней среды в самих себя.
- Для автотрофов эта же цель достигается за счет высокой негэнтропии поглощаемого ЭМ излучения Солнца.
- **Назначение обмена веществ живой системы с внешней средой (метаболизма) состоит в поддержании определенного уровня организации этой системы и ее частей.**
- Метаболизм необходим для противодействия увеличению энтропии, обусловленному необратимыми процессами в живой системе.

# Термодинамика живых систем

- **Глобальный энергетический баланс:** источником энергетического потока, проходящего через все пищевые цепочки, служит солнечное ЭМ излучение, а финалом - выделение тепла при переработке бактериями органических останков. Высвободившаяся в биосфере энергия возвращается в мировое пространство главным образом в виде ЭМ волн инфракрасного диапазона (теплого).
- **Энтропия поступающего на Землю коротковолнового ЭМ солнечного излучения меньше, чем излучаемого землей инфракрасного излучения.** За счет этой отрицательной разности энтропий поддерживается упорядоченность в биосфере Земли.

# Термодинамика живых систем

- Объекты живой природы являются открытыми системами.
- Обмен живых организмов веществом и энергией с окружающей средой способствует оттоку энтропии из организма, и тем самым поддерживается их неравновесное состояние.
- Для сохранения стационарного неустойчивого состояния живой организм непрерывно потребляет энергию извне. Такая ситуация полностью аналогична поведению диссипативной структуры.
- **Жизнь - это есть борьба живого с энтропией**