

Министерство образования Российской Федерации  
Владивостокский государственный университет  
экономики и сервиса

---

**Л.Р. РОДКИНА  
Е.Э. ШМАКОВА**

**ПРАКТИКУМ ПО КОНЦЕПЦИЯМ  
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Часть 2. Происхождение жизни

Владивосток  
Издательство ВГУЭС  
2003

ББК 35.45  
УДК 625.85 (185.5)  
Р 65

Рецензенты : Саверченко А.Н. , Ефименко Е.П.

**Родкина Л.Р. , Шмакова Е.Э.**

Р 65 Практикум по концепциям современного естествознания. Ч. 2: Происхождение жизни. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2003.- 68 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой курса, а также требованиями образовательного стандарта к учебной дисциплине "Концепции современного естествознания". Во второй части практикума предлагается описание тех законов природы, которые служат пониманию сущности жизни, основных жизненных процессов, организации биосферы, роли человечества в ее эволюции. Включает в себя шесть тем семинарских занятий. К каждой теме приведены контрольные вопросы и задачи.

Предназначен для студентов высших учебных заведений гуманитарных специальностей.

ББК 35.45

© Издательство Владивостокского государственного университета экономики с сервиса, 2003

© Родкина Л.Р., Шмакова Е.Э., 2003

## ВВЕДЕНИЕ

Наука располагает определенными фактами, относящимися к проблеме происхождения и сущности жизни, но, очевидно, их недостаточно для вполне однозначного ответа.

Особую роль играют исследования вопроса о переходе от неживого к живому. Данные экспериментов показывают, что переходные формы от неживого к живому имеют свойства и неживого, и живого (например вирусы), что еще больше подчеркивает как единство неживого и живого, так и их качественное различие. Известно, что живые организмы и тела неживой природы состоят из одних и тех же химических элементов.

Сходство органического и неорганического мира на атомном уровне указывает на связь и единство живой и неживой природы. К свойствам живого обычно относят обмен веществ, способность к росту, воспроизведение себе подобных, способность к эволюционному развитию, раздражимость, подвижность. Наличие только некоторых этих свойств не является достаточным для определения жизни. Например, ледник, река характеризуются ростом, подвижностью, развитием, но не обладают воспроизводством. Звезды, планеты, звездные системы (галактики) рождаются, стареют и умирают, т.е. эволюционируют, они подвижны и даже могут образовывать новые звезды, но эти новые образования не будут подобны исходным. С другой стороны, мы, не задумываясь, относим к живому растения, хотя подвижность им не свойственна.

Первая и третья темы настоящего пособия посвящены биохимической эволюции жизни.

Огромное внимание уделено неорганическим и органическим соединениям и их многообразию. Рассматривается вопрос о появлении свойства биологического узнавания на основе свойств биополимеров, самовоспроизведение биологических структур как следствие матричного синтеза: нуклеиновые кислоты, генетический код, биосинтез белка. Во второй и четвертой темах раскрыто происхождение, строение и эволюция планеты Земля, образование и взаимодействие ее оболочек.

Пятая тема раскрывает вопросы, связанные с живым организмом. Рассматриваются различные системы управления в биологии на уровне тканей – эндокринная и нервная системы, на уровне клетки – система обратных связей на молекулярном уровне.

Шестая тема посвящена проблеме влияния человека на биосферу. Рассмотрены понятия ноосферы, техносферы. Обсуждаются возможности рационального природоиспользования с целью предотвращения экологической катастрофы.

# Тема 1. ХИМИЯ ЖИЗНИ

## План семинарского занятия

- 1.1. Общекосмический характер возникновения жизни.
- 1.2. Планетарная причина зарождения жизни.
- 1.3. Вода – необходимое условие возникновения жизни.
- 1.4. Метеориты.
- 1.5. Органические и неорганические соединения и их многообразие.
- 1.6. Нуклеосинтез в Солнечной системе.
- 1.7. Экспериментальные проверки условий зарождения жизни.
- 1.8. Теория самозарождения жизни.

Проблема возникновения жизни на земле издавна не дает многим покоя. С тех пор, как человек начал задаваться вопросом, откуда произошло все живое, прошло много лет, и за все это время рассматривалось множество гипотез и предложений о зарождении жизни: религиозная теория, теория самозарождения, теория панспермии, теория вечного существования жизни. Человек до сих пор не может до конца разгадать эту загадку. За основную теорию возникновения жизни, тем не менее, принимается теория, предложенная А.И.Опариным в первой половине XX века. Она основана на предложении о химической эволюции, которая постепенно переходит к биохимической, а затем – к биологической эволюции. Образование клетки явилось сложнейшим явлением. Но оно и положило начало развитию жизни и всему ее многообразию. Итак, с чего же все началось?

Жизнь заполняет все уголки нашей планеты. Океаны, моря, озера, реки, горы, равнины, пустыни, даже воздух населены живыми существами. Миллиарды лет жизнь шествует по Земле как уникальная самоорганизующая система. Она знала периоды расцвета, исторических испытаний и тяжелых кризисов, прежде чем достигла в наши дни своего великолепного богатства. Сегодня науке известно около 4,5 млн видов животных и растений. Предполагается, что за всю историю жизни на Земле существовало около 4,5 млрд видов животных и растений.

3 мая 1924 г. на собрании Русского ботанического общества молодой советский ученый А.И. Опарин с новой точки зрения рассмотрел проблему возникновения жизни. Его труд “О возникновении жизни” стал исходной точкой нового взгляда на вечную проблему “откуда мы пришли”? Пять лет спустя независимо от Опарина сходные идеи были развиты английским ученым Дж. Холдейном. Общим во взглядах Опарина и Холдейна является попытка объяснить возникновение жизни в результате химической эволюции на первичной Земле. Оба они подчеркивают огромную роль первичного океана как огромной химической

лаборатории, в которой образовался “первичный бульон”, а кроме того, и роль энзимов – органических молекул, которые многократно ускоряют нормальный ход химических процессов. В дополнение к этому Холдейн впервые высказывает идею, что первичная атмосфера на Земле, “вероятно, содержала очень мало или вообще не содержала кислорода”.

Первое необходимое условие возникновения жизни имеет *общекосмический* характер. Оно связано с единой химической основой Вселенной. Жизнь развивается на этой единой основе, отражающей как количественные, так и качественные особенности отдельных химических элементов. Это допущение приводит к заключению, что на любой планете во Вселенной, которая похожа на нашу по массе и расположению относительно центральной звезды, может возникнуть жизнь. Согласно представлениям видного американского астронома Х. Шепли, во Вселенной имеется  $10^8$  космических тел (планет или звезд-лилипутов), на которых может возникнуть и существовать жизнь.

Главное условие возникновения жизни имеет планетарную причину и определяется массой планеты, то есть жизнь, подобная земной, могла возникнуть и развиваться на планете, масса которой имеет строго определенную величину. Если масса планеты больше, чем  $1/20$  массы Солнца, на ней начинаются интенсивные ядерные реакции, что повышает ее температуру, и она светится, как звезда.

Из планет Солнечной системы кроме Земли подходящую массу имеют Венера и Марс, но там отсутствуют другие условия.

Особенно важным условием возникновения жизни является *наличие воды*. Значение воды для жизни исключительно. Это обусловлено ее специфическими термическими особенностями: огромной теплоемкостью, слабой теплопроводностью, расширением при замерзании, хорошими свойствами как растворителя и др. Эти особенности обуславливают круговорот воды в природе, который играет очень важную роль в геологической истории Земли.

Сейчас имеются достаточно интересные сведения о наличии органических соединений во Вселенной. Источники этих сведений – естественные посланцы космоса на Землю, метеориты.

*Метеориты* – это малые космические тела, которые падают на Землю. Они являются осколками астероидов. Масса астероидов обычно превышает 50 кг. По составу различают каменные, железные и железно-каменные метеориты. По особенностям структуры и наличию сферических образований (хондр) некоторые каменные метеориты называются хондритами. Особый интерес представляют углистые хондриты, которые составляют 5% от общего числа метеоритов, ежегодно падающих на поверхность Земли. Этому есть две причины:

- вероятность того, что при их изучении будут получены данные о добиологической эволюции органических молекул;

- неясность происхождения ряда элементов их структуры – до последнего времени некоторые исследователи считали минеральные образования в хондритах фосфатизированными микроорганизмами.

Эти интересные объекты представляют собой не претерпевшие существенных изменений “обломки протосолнечной туманности”. Они считаются первичными, поскольку образовались одновременно с Солнечной системой. Метеориты слишком малы, чтобы иметь собственную атмосферу, но по относительному содержанию нелетучих элементов углистые хондриты весьма сходны с Солнцем. Их минеральный состав свидетельствует о том, что они сформировались при низкой температуре и действию высоких температур никогда не подвергались. Они содержат до 20% воды (связанной в виде гидратов минералов) и до 10% органического вещества.

При исследовании двух метеоритов (первый упал в 1950 году возле Мори – шт. Кентукки, США, а второй в 1969 году у Мерчисона – шт. Виктория, Австралия) в их составе обнаружены отдельные аминокислоты – строительный материал белков живых организмов. В метеорите Мерчисон открыты и жирные кислоты, из которых построены жиры в животных тканях.

Из аминокислот идентифицированы глутаминовая кислота, пролин, глицин, саркозин, аланин, валин и 2-метилаланин, а из жирных кислот – 17 видов.

Жирные кислоты земных организмов имеют четное количество углеродных атомов, тогда как жирные кислоты с нечетным количеством атомов углерода нехарактерны для живых тканей на Земле. При химических реакциях, которые осуществляются без участия живых существ или веществ биогенного происхождения, образуется приблизительно равное количество жирных кислот с четным и нечетным количеством атомов углерода. То же показывают и результаты анализа метеорита Мерчисон.

Имеются убедительные свидетельства в пользу того, что аминокислоты и углеводородные соединения в метеорите Мерчисон имеют явно эндогенное происхождение и не являются результатом внешнего загрязнения:

- преобладание глицина над другими аминокислотами;
- положительные величины показателя  $^{13}\text{C}$ ;
- наличие аминокислот, которые не свойственны белкам.

В период с 1968 по 1979 гг. с помощью радиоспектротрии были открыты органические молекулы в межзвездном пространстве, что, безусловно, пополнило наши знания об органической химии Вселенной. Были опубликованы первые сообщения об открытии воды, формальдегида и аммиака в отдельных областях нашей Галактики.

Гидроксил OH, формальдегид  $H_2CO$  – самые распространенные молекулы в межзвездной среде. Они обнаруживаются повсюду в Галактике, тогда как в отдельных межзвездных областях встречаются и другие соединения. В нашей Галактике существует около 3000 таких туманностей, плотность которых больше плотности межзвездной среды; молекулы здесь возникают чаще. Атомы углерода играют главную роль в образовании органических молекул, которые имеют в живых организмах основное значение.

При таком положении возникновение жизни выглядит неизбежным. В туманностях космического пространства звезд и планет возникают молекулы, которые приводят к формированию более сложных молекул аминокислот, жирных кислот, пуринов, пиримидинов и других главных составных элементов жизни.

*Теория химической эволюции* – современная теория происхождения жизни – опирается на идею самозарождения. Однако в основе ее лежит не внезапное возникновение живых существ на Земле, а образование химических соединений и систем, которые составляют живую материю. Она рассматривает химию древнейшей Земли, прежде всего химические реакции, протекавшие в примитивной атмосфере и в поверхностном слое воды, где, по всей вероятности, концентрировались легкие элементы, составляющие основу живой материи, и поглощалось огромное количество солнечной энергии. Эта теория пытается ответить на вопрос: каким образом в ту далекую эпоху могли самопроизвольно возникнуть и сформироваться в живую систему органические соединения?

Основные химические элементы, из которых построена жизнь, – это углерод, водород, кислород, азот, сера и фосфор. Очевидно, организмы используют для своего строения простейшие и наиболее распространенные во Вселенной элементы, что обусловлено самой природой этих элементов. Например, атомы водорода, углерода, кислорода и азота имеют небольшие размеры и способны образовывать устойчивые соединения с двух- и трехкратными связями, что повышает их реакционную способность. Образование сложных полимеров, без которых возникновение и развитие жизни вообще невозможны, связано со специфическими химическими особенностями углерода.

Другие два биогенных элемента – сера и фосфор – присутствуют в относительно малых количествах, но их роль для жизни особенно важна. Химические свойства этих элементов также дают возможность образования кратных химических связей. Сера входит в состав белков, а фосфор – составная часть нуклеиновых кислот.

Кроме этих шести основных химических элементов в построении организмов в малых количествах участвуют натрий, калий, магний, кальций, хлор, а также микроэлементы: железо, марганец, кобальт, медь, цинк и небольшие следы алюминия, бора, ванадия, йода и молиб-

дена. Следует отметить и некоторые исключительно редкие атомы, которые встречаются случайно и в ничтожных количествах.

Следовательно, химическая основа жизни разнообразится еще 15 химическими элементами, которые вместе с шестью основными биогенными элементами участвуют в различных соотношениях в строении и осуществлении функций живых организмов. Этот факт особенно показателен в двух отношениях: 1) как доказательство единства происхождения жизни и 2) в том, что сама жизнь, являющаяся результатом самоорганизации материи, включила в эволюцию биологических макромолекул не только все самые распространенные элементы, но и все атомы, которые особенно пригодны для осуществления жизненных функций (например фосфор, железо, йод и др.). Не только структура, обмен веществ, но даже и механические действия живых организмов зависят от составляющих их молекул. Это, однако, не означает, что жизнь может быть сведена просто к химическим закономерностям.

Жизнь – одно из сложнейших, если не самое сложное явление природы. Для нее особенно характерны обмен веществ и воспроизведение, а особенно более высоких уровней ее самоорганизации обусловлены строением более низких уровней.

Современная теория происхождения жизни основана на идее о том, что биологические молекулы могли возникнуть в далеком геологическом прошлом неорганическим путем. Сложную химическую эволюцию обычно выражают такой обобщенной схемой: *атомы* → *простые соединения* → *простые биоорганические соединения* → *макромолекулы* → *организованные системы*. Начало этой эволюции положено нуклеосинтезом в Солнечной системе, когда образовались основные элементы, в том числе и биогенные. Начальное состояние – нуклеосинтез – быстро переходит в процесс образования различных по сложности химических соединений. Этот процесс протекает в условиях первичной Земли со все нарастающей сложностью, обусловленной общекосмическими и конкретными планетарными предпосылками.

Издавна было известно, что химики могут синтезировать органические вещества, но идея постановки отдельных опытов по синтезу органических веществ путем воспроизведения условий первичной Земли представлялась не менее фантастичной, чем многие гипотезы. Разумеется, никто не считает, что можно точно воспроизвести условия гигантской естественной химической лаборатории, какой была Земля 4,5–5 млрд лет назад. Речь идет о приблизительном моделировании теоретически предполагаемых условий первичной Земли: бескислородная атмосфера, наличие исходных химических соединений – метана, воды, аммиака и источника (источников) энергии.

Первый целенаправленный опыт по синтезу органических молекул, пригодных для развития жизни, из предполагаемых исходных компо-



нентов ранней земной атмосферы был проведен В. Гротом и Х. Зюссом в 1938 году. После облучения ультрафиолетовыми лучами газовой смеси  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  они получили формальдегид и глиоксал. По мнению Грота и Зюсса, результаты этих опытов объясняют образование некоторых органических соединений, "которые, вероятно, были необходимой предпосылкой эволюции органической жизни".

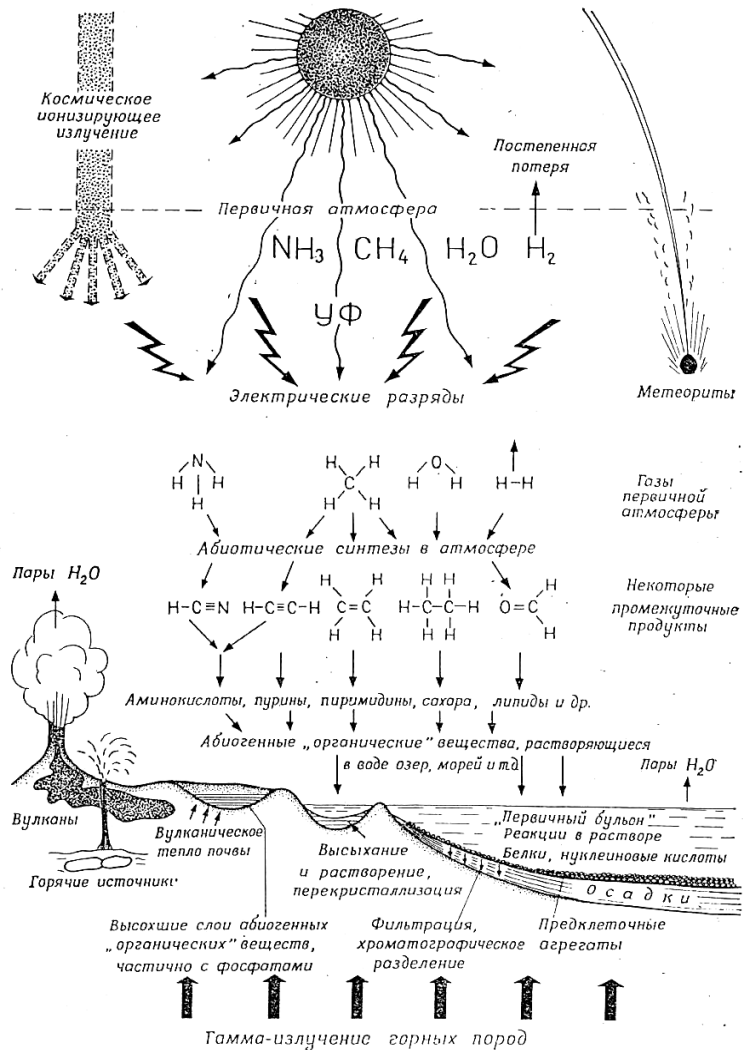
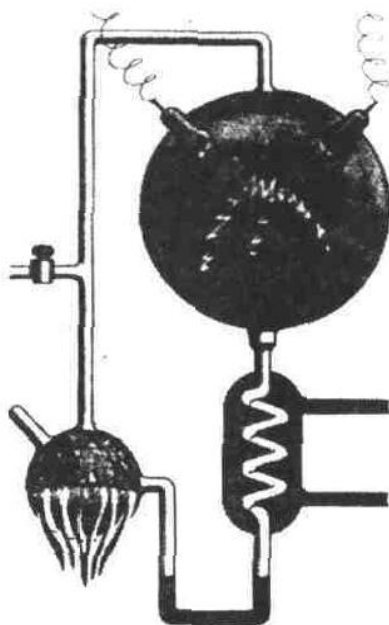


Рис. 1. Возможности химической эволюции на первобытной Земле

Позже У. Харрисон, М. Кальвин и другие (1951) подвергают экспериментальной проверке идеи Опарина и Холдейна. Они облучали  $\alpha$ -частицами водные растворы, содержащие ионы двухвалентного железа, которые находились в равновесии с газовой смесью двуокиси углерода и водорода. Получены формальдегид, муравьиная и янтарная кислоты.

В 1953 году Стэнли Миллер, аспирант-астрофизик знаменитого Г. Юри, в Чикагском университете проводит опыт, который позже был назван классическим. Газовая смесь метана, аммиака, водных паров и водорода (доступа свободного кислорода в колбу не было) подверглась Миллером воздействию сильных электрических разрядов, при этом получались аминокислоты, сахара и ряд других органических соединений. Огромное значение опыта Миллера состоит в доказательстве возможности неорганического пути образования белковоподобных молекул в условиях первичной Земли.



*Рис. 2.* Аппарат Миллера для синтеза органических веществ из смеси метана, аммиака и воды

В созданной им установке (рис. 2), снабженной источником энергии, ему удалось синтезировать многие вещества, имеющие важное биологическое значение, в том числе ряд аминокислот, аденин и простые сахара,

такие как рибоза. В природе имеется более 100 различных аминокислот, 20 из них наиболее распространены. *Аминокислоты бывают в двух формах: одни молекулы имеют правую асимметрию, а другие – левую.* При случайном образовании (как в эксперименте Миллера) одна половина молекул имеет правую асимметрию, а другая половина – левую. А в живых организмах аминокислоты представлены только левыми формами.

Опыт Миллера обогатил науку и послужил сильным толчком к новым исследованиям. Т. Павловская и А. Паскинский в Институте биохимии АН СССР своими опытами и термодинамическими расчетами доказали возможность образования сложных органических веществ в условиях первичной Земли. А. Уилсон, добавляя серу к исходной смеси Миллера, получил крупные полимерные молекулы с 20 и более атомами углерода. С.Поннамперума использовал в опытах ультрафиолетовую лампу как источник энергии – ведь в условиях молодой Земли ультрафиолетовое излучение давало основную энергию. Поннамперума сумел получить не только аминокислоты и пурины (строительные блоки соответственно для белков и нуклеиновых кислот), но и синтезировал эти молекулы в полимеры. С. Фокс из Института молекулярной эволюции в Майами синтезировал почти все аминокислоты, без которых жизнь была бы невозможна. Фокс “сварил” из аминокислот так называемые “термические протеноиды”, близкие по составу к белкам. При этом протеноиды превратились в приготовленном Фоксом бульоне в тонкие капли, подобные коацерватам Опарина. Именно с таких образований началась, согласно Опарину, жизнь на Земле.

Список экспериментальных исследований очень велик. Основные их результаты показывают, что химическая эволюция – не плод досужего ума, а закономерный естественный процесс, который закладывает основы жизни.

### Контрольные вопросы

1. Объясните планетарную причинность зарождения жизни.
2. Почему считают, что жизнь возникла в воде?
3. Какие свойства воды необходимо учитывать при формировании в ней живых существ?
4. Как происходило формирование гидросферы и атмосферы?
5. Причины, обуславливающие процесс концентрации живых существ.
6. Почему метеориты являются предсказателями добиологической эволюции?
7. Какие химические элементы играют основную роль при образовании молекул жизни?
8. Назовите опыты по синтезу органических соединений, пригодных для развития жизни.

## Тема 2. ЗЕМЛЯ – ПЛАНЕТА ЖИЗНИ

### План семинарского занятия

- 2.1. Возникновение Солнечной системы.
- 2.2. Дрейф континентов.
- 2.3. Геологические периоды.
- 2.4. Теории возникновения жизни.
- 2.5. Положение Земли в Солнечной системе.
- 2.6. Чем отличается атмосфера Земли от других планет?
- 2.7. Образование и взаимодействие оболочек Земли.
- 2.8. Процесс гравитационной конденсации.
- 2.9. Физические характеристики планеты Земля.
- 2.10. Недра Земли. Влияние земной коры на зарождение жизни.
- 2.11. Рельеф земной поверхности.
- 2.12. Современные геофизические условия жизни.

Проблема происхождения жизни – одна из наиболее сложных и интересных. Она связана с историей Солнечной системы и нашей планеты. Солнечная система возникла из газовой туманности, которая, сгустившись в результате самоорганизации, образовала Солнце и планеты. Наша Земля имеет возраст приблизительно 5 млрд лет.

Первоначально поверхность Земли имела температуру  $5-6 \cdot 10^3 \text{K}$  и представляла собой расплавленную лаву. Постепенно остывая, образовалась литосфера – твердая поверхность материков и морского дна. Атмосфера тоже была иной: легкие газы не удерживались притяжением и покидали ее. Состав первичной атмосферы зафиксирован в древних горных породах. Литосфера состоит из нескольких плит, плавающих на жидкой мантии — астеносфере. Это приводит к дрейфу континентов. Дрейф континентов имеет циклический характер с периодом 440 млн лет.

Для определения возраста горных пород и ископаемых остатков используют методы, основанные на радиоактивном распаде  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  (уран-свинцовый),  $^{87}\text{Rb}$  (рубидий-стронциевый),  $^{40}\text{K}$  (калий-аргоновый),  $^{147}\text{Sm}$  (самарий-неодимовый). А для определения возраста последних 60 тысяч лет используют радиоуглеродный метод, основанный на радиоактивном распаде  $^{14}\text{C}$ .

Первые признаки жизни — *ископаемые водоросли* — датируются 3400 млн лет назад. По всей видимости, к этому времени поверхность Земли уже достаточно остыла, чтобы водные пары могли сконденсироваться и образовать океаны, откуда и началась жизнь.

История Земли делится на геологические периоды (рис. 3). Временные границы геологических периодов соответствуют каким-либо выраженным изменениям климата Земли, что отражается в характере окаменелостей. Например, триасовый период характеризуется сухим и

жарким климатом, что привело к образованию залежей окисленного (красного) песчаника. А в меловом периоде сформировались громадные отложения мела. Рамки кайнозойских периодов определяют по количеству ископаемых моллюсков в соседних горных породах.

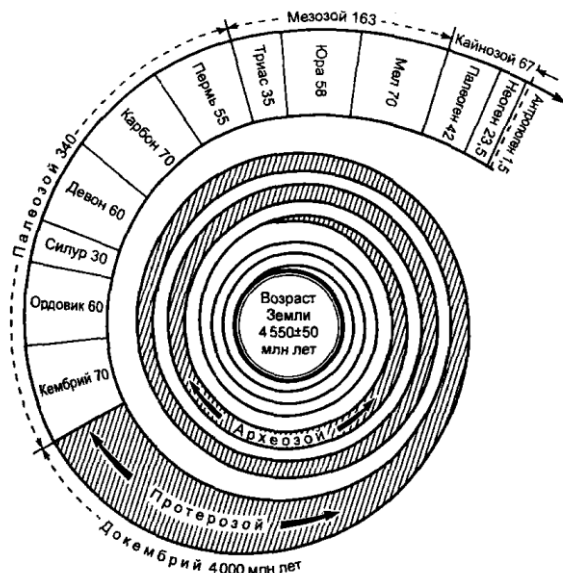


Рис. 3. Геохронологическая шкала истории Земли

Если история развития жизни на Земле за последние 4 млрд лет не вызывает принципиальных разногласий среди ученых, то вопросы происхождения и эволюции жизни вызывают непрекращающиеся споры. Существуют три основных теории возникновения жизни на Земле.

### Креационизм

Согласно этой теории жизнь — результат сверхъестественных, то есть нарушающих законы физики, событий в прошлом. В пользу несчастного характера процесса развития жизни говорит и антропный принцип, сформулированный в 70-е годы прошлого столетия. Его сущность заключается в том, что даже незначительное отклонение значения любой из фундаментальных констант приводит к невозможности появления во Вселенной высокоупорядоченных структур. Например, увеличение постоянной Планка на 10 % лишает протон возможности объединиться с нейтроном, то есть невозможен нуклеосинтез. А уменьшение постоянной Планка на 10% привело бы к образованию устойчивого ядра  ${}^2\text{He}$ , следствием чего явилось бы выгорание всего водорода на ранних стадиях расширения Вселенной. Наука столкнулась с большой группой

фактов, раздельное рассмотрение которых создает впечатление о необъяснимых совпадениях, граничащих с чудом. Неслучайный характер значений фундаментальных констант может говорить о наличии "творческого замысла" с самого начала образования Вселенной, что подразумевает наличие Творца – автора этого замысла. По мнению ученого-физика Дж. Уилера, фактор, дающий жизнь, лежит в центре всего механизма и конструирует мир.

### **Панспермия**

Это гипотеза о возможности переноса жизни во Вселенной с одного космического тела на другое. Не предполагает никакого объяснения первичного возникновения жизни. Для объяснения своей теории ее сторонники ссылаются на случаи появления НЛО, а также данные, полученные американскими исследователями НАСА, об обнаружении следов микроорганизмов в метеорите предположительно марсианского происхождения, что было объявлено на пресс-конференции 7 августа 1996 года.

Идея панспермии была тщательно разработана в 1908 г. шведским химиком Сванте Аррениусом (1859–1927). Развивая идеи Гельмгольца и Кельвина, он высказал несколько собственных соображений, предположив, что бактериальные споры и вирусы могут уноситься с планеты, где они существовали, под действием электростатических сил, а затем перемещаться в космическое пространство под давлением света звезд. Находясь в космическом пространстве, спора может осесть на частицу пыли; увеличив тем самым всю массу и преодолев давление света, она может попасть в окрестности ближайшей звезды и будет захвачена одной из планет этой звезды. Таким образом, живая материя способна переноситься с планеты на планету, из одной звездной системы в другую.

### **Теория биохимической эволюции**

Согласно этой теории жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам. По мнению А.И. Опарина, происхождению жизни и ее развитию предшествовал достаточно длительный период химической эволюции, а В.И. Вернадский считал, что жизнь появилась почти одновременно с появлением Земли, вернее, с появлением океанов на ней.

Согласно теории Опарина жизнь возникла в океане. Под действием интенсивной солнечной радиации там синтезировались органические вещества, образующие "первичный бульон", где в результате случайных процессов появилась жизнь.

Также следует отметить, что Земля является чрезвычайно малым модельным слепком присутствующего в космосе общего принципа существования и развития жизни как носительницы разума. И если мы воспользуемся земной моделью, то легко увидеть, что условия жизни на Земле варьируют от самых благоприятных (райских) в тропиках, на островах теплых морских просторов до жесточайших высоких широт. Ме-

жду ними расположены умеренные пояса. Следовательно, крайние зоны не способствуют развитию разума по причине либо слишком комфортных, либо слишком жестких условий. Интеллектуальная работа наиболее интенсивно идет в средней зоне. Однако для оптимального развития разума необходимы жесткие внутренние противоречия – иначе развитие к высшим формам разума остановится. Отсюда нескончаемые конфликты, кровавые войны, болезни и т.п.

В солнечную систему входит 9 планет, их спутники, свыше 100 тысяч астероидов, множество комет и метеоритных тел. Расстояние от Солнца до наиболее удаленной планеты Плутон 6 млрд км. Различают планеты земной группы и планеты-гиганты. Планеты земной группы – Меркурий, Венера, Земля, Марс – сравнительно невелики и состоят из плотного вещества. Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон относятся к гигантам, они гораздо массивнее, но их плотность меньше.

Земля – это самая большая планета в своей группе. Но даже такие размеры и масса оказываются минимальными, при которых планета способна удерживать свою газовую атмосферу. Земля интенсивно теряет водород и некоторые другие легкие газы, что подтверждают наблюдения за так называемым шлейфом Земли. Венера почти равна по размерам и массе Земли, но она ближе к Солнцу и получает от него больше тепла. Поэтому она давно потеряла весь свободный водород. Расстояние от Солнца до Земли 150 млн км, что составляет 107 его диаметров.

Все планеты, включая Землю, обращаются вокруг Солнца в одном направлении и приблизительно в одной плоскости. Законы, описывающие орбитальное движение планет, вывел И.Кеплер. Орбиты всех планет, будучи эллиптическими, имеют один общий фокус, находящийся в центре Солнца. Кроме поступательного движения планеты движутся по их эллиптическим орбитам вокруг Солнца, каждая из планет обращается вокруг собственной оси.

Земля и Марс вращаются почти с одинаковыми периодами около 24 ч. И только Земля в своей группе имеет сильное собственное магнитное поле, более чем на два порядка превосходящее значения магнитных полей у других планет.

Атмосфера Земли кардинально отличается от атмосферы других планет: в ней низкое содержание углекислого газа, высокое содержание молекулярного кислорода и относительно велико содержание паров воды. Две причины создают выделенность атмосферы Земли: вода океанов и морей хорошо поглощает углекислый газ, а биосфера насыщает атмосферу молекулярным кислородом, образующимся в процессе фотосинтеза.

В атмосфере Земли насыщенные водяные пары создают облачный слой, охватывающий значительную часть планеты. Облака Земли входят важнейшим элементом в круговорот воды, происходящий на нашей планете в системе гидросфера – атмосфера – суша.

Рельеф земной поверхности в целом характеризуется глобальной асимметрией двух полушарий (северного и южного); одно из них представляет гигантское пространство, заполненное водой. Это – океаны, занимающие более 70% всей поверхности. В другом полушарии сосредоточены поднятия коры, образующие континенты. Океаническая и континентальная разновидности коры различаются по возрасту, по химико-биологическому составу. Понятно, что рельеф океанического дна отличен от континентального рельефа.

В Солнечной системе только на Земле существуют развитые формы жизни, только на ней локальное упорядочение вещества достигло необычайной ступени, продолжая общую линию развития материи. Именно на Земле пройден сложнейший этап самоорганизации, знаменующий глубокий качественный скачок к высшим формам упорядоченности.

Как космическое тело Земля характеризуется следующими данными: объем  $10^{12}$  км<sup>3</sup>; экваториальный радиус Земли 6378 км, полярный – на 21 км меньше; масса  $6 \cdot 10^{21}$  тонн; средняя плотность 5,5 г/см<sup>3</sup>; общая плотность поверхности Земли 510 млн км<sup>2</sup>, из них 361 млн км<sup>2</sup> приходится на Мировой океан и 149 млн км<sup>2</sup> – на сушу; скорость вращения вокруг Солнца 30 км/сек.

Наша планета – не только единое естественное тело, но и самоорганизующаяся система, развитие которой инициируется противоборством двух фундаментальных природных тенденций – стремлением к разрушению упорядоченности и стремлением к образованию все более упорядоченных систем.

Пространство вокруг Земли заполнено магнитным полем и называется магнитосферой; внутри магнитосферы находятся радиационные пояса, в которых заряженные частицы захватываются магнитным полем. Земля защищена этими поясами от космических лучей, губительных для всего живого. Межпланетная среда, окружающая Землю, состоит из твердых тел разнообразных размеров, пылинок, атомов, молекул, элементарных частиц и т.д. Теперь же ко всему этому добавились искусственные спутники и другие объекты, занесенные в космос человеком.

Познание глубин Земли не менее сложно, чем изучение отдаленных областей Вселенной. Наиболее важные сведения о природе земных недр дает анализ сейсмических волн – механических колебаний, возникающих при землетрясениях и взрывах. Земные недра разделяются на три главные концентрически расположенные области: ядро, мантию и кору. Ядро и мантия подразделяются на дополнительные оболочки, различающиеся физико-химическими свойствами.

Центросфера или ядро Земли занимает центральную область земного геоида и разделяется на две части, оно расположено на глубине 1800 км. Внутреннее ядро находится в твердом состоянии, оно окруже-



но внешним ядром, пребывающим в жидкой фазе. Между внутренним и внешним ядрами нет четкой границы, их разделяет переходная зона. Полагают, что внутреннее ядро состоит из 80% железа и 20% никеля. Этот сплав при давлении земных недр имеет температуру плавления порядка 4500°C. Внешнее ядро содержит 52% железа и 48% эвтектики (жидкая смесь твердых веществ), образованную железом и серой. Температура плавления такой смеси оценивается примерно 3200°C. Чтобы внутреннее ядро оставалось твердым, а внешнее жидким, температура в центре Земли не должна превышать 4500°C, но и не быть ниже 3200°C.

С жидким состоянием внешнего ядра связывают представления о природе земного магнетизма. Магнитное поле Земли изменчиво, из года в год меняется положение магнитных полюсов. Предполагают, что магнитное поле создается процессом, названным эффектом динамо-машины с самовозбуждением. Роль ротора (подвижного элемента) динамо может играть масса жидкого ядра, перемещающаяся при вращении Земли вокруг своей оси, а система возбуждения образуется токами, создающими замкнутые петли внутри сферы ядра.

Самые верхние оболочки Земли – гидросфера и атмосфера – заметно отличаются от других оболочек, образующих твердое тело планеты. Гидросфера занимает 71% поверхности Земли, средняя соленость составляет 35 г/л, температура океанической поверхности от 3 до 32°C, солнечный свет проникает на глубину 200 м, а ультрафиолетовые лучи – на глубину до 800 м. Атмосфера – это внешняя газовая оболочка Земли, ее нижняя граница проходит по литосфере и гидросфере, а верхняя на высоте 1000 км. В атмосфере Земли, вес которой 5300000 млрд тонн, преобладает азот и кислород. В атмосфере различают тропосферу (двигающийся слой), стратосферу (слой над тропосферой) и ионосферу (верхний слой).

Земная кора дает опору жизни, но ее колыбелью становятся первые водные бассейны. Действительно, существуют некоторые гипотезы, согласно которым жизнь возникла не в водном бассейне, а на земной поверхности в пыли, образованной микрометеоритным “дождем”.

Жизнь, такая, как мы ее знаем, не могла возникнуть без свободной воды. Для живой материи необходима именно свободная, а не связанная в гидраты вода или лед, которые обнаруживаются в метеоритах или на других планетах.

Наличие воды в телах организмов указывает на ее огромное значение для жизненных процессов. Низшие организмы содержат 95–99% воды, а высшие – 75–80%. При уменьшении ее количества до определенного уровня наступает смерть.

Трудно описать состояние гидросферы в первые 100–200 миллионов лет существования Земли. По мнению многих, на молодой Земле было около одной десятой массы воды, содержащейся в современном

океане. Остальные девять десятых образовались позже за счет дегазации внутренних частей Земли. Именно в результате выделения газа и пара из мантии сформировались гидросфера и атмосфера. В веществе мантии содержится 0,5% воды, но даже 10% этого количества достаточно для образования всего сегодняшнего объема океана. Вероятно, океанская вода с самого начала была соленой. При дегазации вещества мантии воды насыщались анионами хлора, брома и других элементов, а также  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ . Это создавало легкий кислотный характер праокеану, который нейтрализовался за счет щелочных компонентов, вызываемых дождями из базальтовой коры и выносившихся реками в океан. Это катионы натрия, магния, кальция, калия и других элементов.

Ранняя эволюция гидросферы (океаны, моря, континентальные бассейны) протекала при отсутствии газообразного кислорода. В этих условиях и при наличии бескислородной атмосферы могли возникнуть только анаэробные организмы.

Научные данные все больше подтверждают, что жизнь возникла не в открытом океане, а в шельфовой зоне моря или в лагунах, где были наиболее благоприятные условия для концентрации органических молекул и образования сложных макромолекулярных тем.

*Рассмотрим современные геофизические условия жизни на Земле.*

В целом можно выделить несколько условий, при которых возможно существование жизни на Земле. Первое условие связано с уникальностью расположения Земли от Солнца. Проведенные расчеты свидетельствуют, что, если бы Земля находилась ближе к Солнцу лишь на 8 млн км, то процесс конденсации воды из атмосферы не мог бы произойти и образование океанов, в которых появились, как считается, первые формы жизни, стало бы возможным. В этом случае наша планета была бы окружена плотной атмосферой в основном из углекислого газа, покрыта плотным слоем облачности из взвешенных едких капелек. Такой сейчас является атмосфера планеты Венера. Расчеты также показывают, что лишь 1 градус (по Цельсию) отделял нашу Землю от полного обледенения. Находись наша планета всего на 2 млн км дальше от солнца и интенсивный процесс образования ледников сделал бы развитие высших форм жизни невозможным.

Второе условие связано со скоростью движения нашей планеты. Известно, что Солнце притягивает свои спутники. Чтобы не упасть в пекло нашего центрального светила, они должны двигаться достаточно быстро, но не слишком быстро, т.к. их унесет от Солнца в межзвездное пространство. Поэтому каждому небесному телу, вращающемуся вокруг Солнца, необходимо уложиться в четкие границы между скоростью «падения» и скоростью «убегания». Так, для Земли космическая скорость меньше 3 км/с – это гибель в солнечном пламени, а скорость, превышающая 42 км/с, – прощание с Солнечной системой, вечный мрак и

холод. Но как мы уже говорили выше, скорость вращения нашей планеты около 30 км/с, поэтому она далека от обеих крайностей и является промежуточной и самой надежной.

Третье условие. Горение – это сложный химический процесс, и он происходит далеко не при любых атмосферных условиях. Оказывается, если бы количество кислорода в атмосфере Земли было менее 15–18%, то процесс горения стал бы в ней просто невозможным. В этом случае «небесный огонь» во время грозы не мог бы поджечь не только дерево, но и совершенно сухую траву. С другой стороны, если бы концентрация кислорода в земной атмосфере превышала величину 30–70%, то первый же случайный удар молнии мог привести к катастрофическим последствиям, поскольку в этом случае даже исключительно сырая древесина горела бы как порох. Результаты проведенных расчетов свидетельствуют, что и нормальное горение зависит, в частности, от общего атмосферного давления, от величины земного ускорения, силы тяжести и других параметров, определяющих процессы теплоотвода и, следовательно, устойчивости горения. Значит, развитие разума на нашей планете определялось не только эволюцией *Homo sapiens* как биологического вида, но и изменениями, которые претерпела Земля и ее атмосфера.

Четвертое условие. К настоящему времени однозначно установлено, что современная жизнь на нашей планете существует при наличии целого комплекса уникальных условий и параметров. Например, земная атмосфера состоит из смеси различных газов, которые на уровне моря по объему занимают: азот – 78%, кислород – 21%, аргон – 1%, углекислота – 0,03%. Остальные компоненты: водород, гелий, ксенон, криптон, метан, неон и другие составляют миллионные доли процента. Особенно важное значение имеют такие составляющие, как водяной пар и озон. Около 55% энергии солнечного излучения поглощается атмосферой и в дальнейшем, после целого ряда превращений, излучается в мировое пространство в инфракрасной области спектра.

Озонный пояс в верхних слоях атмосферы служит надежным щитом, сохраняющим все живое на планете от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. Кроме того, инфракрасное излучение Земли сильно поглощается водяным паром, углекислотой и озоном. Этот так называемый парниковый эффект также имеет огромное значение, без него средняя температура земной поверхности была бы на 40 градусов ниже и жизнь на Земле стала бы невозможной.

Условие пятое. Известно, что ход биологических реакций, составляющих суть жизнедеятельности любого организма, регулируют ферменты. Одни из них могут работать в широком интервале температур, другие требуют стабильности. Среди этих термических консерваторов ферменты, регулирующие дыхание, пищеварение, обмен веществ, т.е. ключевые процессы жизни. Природа распорядилась так, что максималь-

ную эффективность эти ферменты проявляют чаще всего в интервале температур от 30 до 40 градусов. Если температура ниже, то они не действенные, если выше – разрушаются. Поэтому эта температура и считается нормой.

Приведенные выше факты ясно показывают, что на Земле созданы идеальные условия для развития жизни, и очень важно сохранить жизнь на нашей планете.

### Контрольные вопросы

1. Дайте планетарную характеристику Солнечной системы.
2. В чем разница атмосферы Земли от других планет?
3. Что представляет собой рельеф земной поверхности?
4. Какие теории происхождения Солнечной системы вы можете назвать?
5. Охарактеризуйте планету Земля, как космическое тело.
6. Что такое магнитосфера? Радиационные пояса?
7. Объясните строение недр Земли.
8. Какие существуют оболочки Земли и как они взаимодействуют?
9. Какова роль земной коры в происхождении жизни?
10. Определите геофизические условия жизни.

## Тема 3. БИОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

### План семинарского занятия

- 3.1. Самоорганизация сложных молекулярных комплексов.
- 3.2. Образование молекул живых существ в воде.
- 3.3. Возникновение жизни в воздушной среде.
- 3.4. Эволюция флоры и фауны.
- 3.5. Нуклеосинтез. Биологическая роль нуклеиновых кислот.
- 3.6. Клетка как первокирпичик жизни.
- 3.7. Фотосинтез.
- 3.8. Биосинтез белка. Генетический код.

Биохимическая эволюция начинается с момента образования земной коры, то есть около 4,5 млрд лет назад. Ее корни уходят в ранний космический этап химической эволюции. Находки древнейших молекулярных ископаемых возрастом 3,5–3,8 млрд лет показывают, что биохимическая эволюция, которая привела к образованию первой клетки, продолжалась около миллиарда лет. Образование клетки и было самым трудным на этом долгом пути.

Как уже отмечалось, исходный материал для биохимической эволюции был заготовлен раньше, на космическом этапе развития и в начале формирования первичных литосферы, гидросферы и атмосферы. Для этого имелось достаточно источников энергии: солнечное излучение, тепловая энергия земных недр, высокоэнергетическая радиация, электрические разряды (молнии и гром, при котором возникают сильные ударные волны). Вероятно, тогда же и возникли основы естественного отбора важных биохимических молекул.

*В неживой природе наблюдаются процессы образования высокоупорядоченных структур.* Кристаллы, например, демонстрируют высокую степень порядка и симметрии, что объясняется уменьшением энтропии за счет отдачи тепла в окружающее пространство, то есть при переходе энергии в более низкое качество. Молекулы живых существ обладают не только высокой степенью упорядоченности, организованности, но и аккумулируют в себе качественную химическую энергию. Поэтому молекулы живых существ не возникают спонтанно, для их образования требуется сложный механизм непрерывного и согласованного действия "нагревателя" и "холодильника" в соответствии со вторым началом термодинамики.

Вероятность того, что белковая молекула, состоящая из 100 аминокислот 20 видов, будет случайно сформирована по определенному образцу равна  $1/20^{100} \approx 1/10^{130}$ . Число, стоящее в знаменателе, слишком велико, чтобы его можно было охватить разумом. А ведь живая клетка –

это комплекс взаимодействующих белков, липидов и нуклеотидов, образующих генетический код, без которого не мыслима жизнь. Только ферментов в простейшей клетке содержится более 2000 видов.

Сложные процессы химической эволюции, которая переходит в биологическую эволюцию, могут быть выражены в виде простой схемы: атомы → простые молекулы → сложные макромолекулы и ультрамолекулярные системы (пробионты) → одноклеточные организмы.

Более 3,5 млрд лет назад на дне мелководных, теплых и богатых питательными веществами морей, водоемов возникла жизнь в виде мельчайших примитивных существ. Первый период развития органического мира на Земле характеризуется тем, что первичные живые организмы были анаэробными (жили без кислорода), питались и воспроизводились за счет “органического бульона”, возникшего из неорганических систем; иначе говоря, они питались готовыми органическими веществами, синтезированными в ходе химической революции, т.е. были гетеротрофами. Но это не могло длиться долго, ведь такой резерв органического вещества быстро убывал.

Первый качественный великий переворот в эволюции живой материи был связан с “энергетическим кризисом”: “органический бульон” был исчерпан и следовало выбирать способы формирования крупных молекул биохимическим путем, внутри клеток, с помощью ферментов. В этой ситуации было преимущество у тех клеток, которые могли получать большую часть необходимой им энергии непосредственно из солнечного излучения.

Такой переход вполне возможен, так как некоторые простые соединения обладают способностью поглощать свет, если они включают в свой состав атомы магния (как в хлорофилле). Поглощенная таким образом световая энергия может быть использована для усиления реакции обмена, в частности, для образования органических соединений, которые могут сначала накапливаться, а затем расщепляться с высвобождением энергии.

На этом пути и шел процесс образования хлорофилла и *фотосинтеза*. Фотосинтез обеспечивает организму получение необходимой энергии от Солнца и вместе с тем независимость от внешних питательных веществ. Такие организмы называются автотрофными. Это значит, что их питание осуществляется внутренним путем благодаря световой энергии. При этом, разумеется, поглощаются из внешней среды и некоторые вещества – вода, углекислый газ, минеральные соединения.

Процесс фотосинтеза происходит в фотосинтезирующих клетках автотрофных организмов, к которым относятся зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии. Зеленую окраску фотосинтезирующим клеткам придают хлоропласты из-за содержания в них пигмента хлорофилла. Хлорофилл кажется нам зеленым, потому что он поглощает лучи

в красной и синей областях спектра и отражает зеленые лучи, которые воспринимаются нашим глазом.

Процесс фотосинтеза состоит из двух серий реакций. В первой серии световая энергия расходуется на синтез АТФ и на отщепление атомов водорода от воды. Затем АТФ поставляет энергию для второй серии реакций, известной как фиксация углерода. Из окиси углерода и воды образуется органическое вещество ( углевод) и выделяется кислород.

Клетка нуждается в АТФ точно так же, как мы с вами нуждаемся в наличных деньгах, чтобы расплатиться за все, что нам необходимо.

Первыми фотосинтетиками на нашей планете были, видимо, цианеи, а затем зеленые водоросли. Остатки их находят в породах архейского возраста (около 3 млрд лет назад). В протерозое в морях обитало много разных представителей зеленых и золотистых водорослей. В это же время, видимо, появились первые прикрепленные ко дну водоросли.

Переход к фотосинтезу и автотрофному питанию был великим революционным переворотом в эволюции живого. Значительно увеличилась биомасса Земли. В результате фотосинтеза кислород уже в значительных количествах стал выделяться в атмосферу. Первичная атмосфера Земли не содержала свободного кислорода, и для анаэробных организмов он был ядом. Поэтому многие одноклеточные анаэробные организмы погибли в “кислородной катастрофе”, другие укрылись в болотах, где не было свободного кислорода, и, питаясь, выделяли не кислород, а метан. Третьи приспособились к кислороду, получив огромное преимущество в способности запасать энергию (аэробные клетки выделяют энергии в 10 раз больше, чем анаэробные). Благодаря фотосинтезу в органическом веществе Земли накапливалось все больше и больше энергии солнечного света, что способствовало ускорению биологического круговорота веществ и ускорению эволюции в целом.

Переход к фотосинтезу потребовал много времени. Он завершился примерно 1,8 млрд лет назад и привел к важным преобразованиям на Земле: первичная атмосфера Земли сменилась вторичной – кислородной; возник озоновый слой, который сократил воздействие ультрафиолетовых лучей, а значит, и прекратил производство нового “органического бульона”; изменился состав морской воды, он стал менее кислотным. Таким образом, современные условия на Земле в значительной мере были созданы жизнедеятельностью организмов.

С “кислородной революцией” связан и переход от прокариотов к эукариотам. Первые организмы были прокариотами. Это были такие клетки, у которых не было ядра, деление клетки не включало в себя точной дубликации генетического материала (ДНК), через оболочку клетки поступали только отдельные молекулы. Прокариоты – это простые, выносливые организмы, обладавшие высокой вариабельностью, способностью к быстрому размножению, легко приспосабливающиеся к

изменяющимся условиям природной среды. Но новая ДНК двух индивидов не идентична им. Достоинство полового размножения в том, что оно значительно повышает видовое разнообразие и резко ускоряет эволюцию, позволяя быстрее и эффективнее приспосабливаться к изменениям окружающей среды.

Значительным шагом в дальнейшем усложнении организации живых существ было появление примерно 700–800 млн лет назад многоклеточных организмов с дифференцированным телом, развитыми тканями, органами, которые выполняли определенные функции. Первые многоклеточные животные представлены сразу несколькими типами: губки, кишечно-полостные, плеченогие, членистоногие. Многоклеточные происходят от колониальных форм одноклеточных жгутиковых. Эволюция многоклеточных шла в направлении совершенствования способов передвижения, лучшей координации деятельности клеток, совершенствования форм отражения с учетом предыдущего опыта, образования вторичной полости, совершенствования способов дыхания и др.

В протерозое и в начале палеозоя растения населяют в основном моря. Среди прикрепленных ко дну встречаются зеленые и бурые водоросли, а в толще воды – золотистые, красные и другие водоросли.

В кембрийских морях уже существовали почти все основные типы животных, которые впоследствии лишь специализировались и совершенствовались. Облик морской фауны определяли многочисленные ракообразные, губки, кораллы, иглокожие, разнообразные моллюски, плеченогие.

Например, *трилобиты* (рис. 4) были подлинными хозяевами кембрийских морей (570 млн лет назад). Своего наивысшего расцвета они достигли в ордовикский период. Однако к концу палеозойско эры (225 млн лет назад) они полностью вымерли, просуществовав без "эволюционных изменений" примерно 250 млн лет.

*Целакант* (вид рыбы, называемой также "латимерия") (рис. 5) в течение долгого времени считался переходной формой между рыбами и земноводными. Они были широко распространены в девонский период (400 млн лет назад). 23 декабря 1938 года живой целакант, без "эволюционных сдвигов", был пойман в океане вблизи острова Мадагаскар. Затем было поймано еще много экземпляров, которые украсили музеи и учебные заведения. Четыреста миллионов лет нисколько не изменили обитателя древних морей.



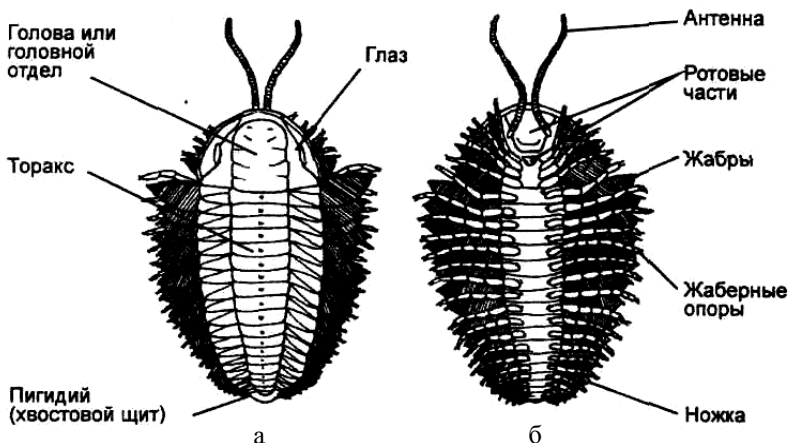


Рис. 4. Трилобит. Вид сверху (а) и снизу (б)

Папоротниковые деревья гинкго в изобилии произрастали в пермский период 280 млн лет назад. И ныне эти деревья распространены в Китае и Японии, где их культивируют из-за съедобных семян. Перечень подобных примеров можно долго продолжать.

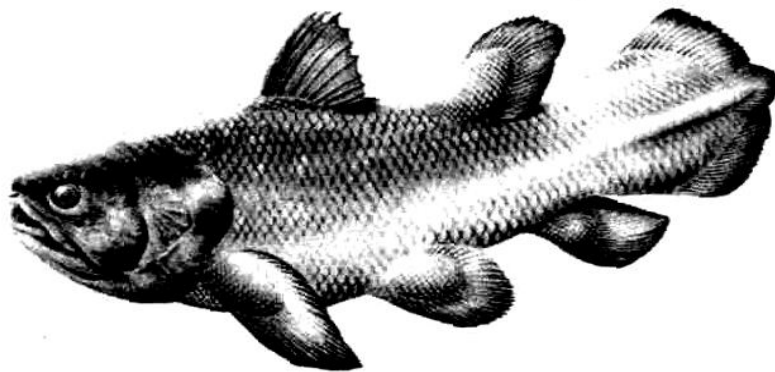


Рис. 5. Ископаемый целакант

Некоторые исследователи утверждают, что новые виды возникали внезапно и промежуточных форм не существовало. Сам Дарвин обсуждал такую возможность и написал в происхождении видов: "Я не думаю, что этот процесс [видообразование] происходит непрерывно; гораздо более вероятно, что каждая форма долгое время остается неиз-

менной, а затем вновь претерпевает модификацию". Механизмы этой "модификации" до сих пор остаются нераскрытыми.

Иногда мутация представляет собой рекомбинацию (перестройку) некоторых участков существующего генетического материала или его удвоение (полиплодия). Пример: тетраплоидные цветковые растения, у которых произошло удвоение генетического материала (рис. 6).

Но чаще всего мутация – это разрушение генетического материала, вызванное космическим излучением, рентгеновскими, ультрафиолетовыми лучами или химическими веществами. Как показывает опыт, организмы, чей генетический материал частично разрушен, обычно не могут существовать или размножаться столь же успешно, как другие представители того же вида. Дефективное потомство слабее, чем исходный вид.

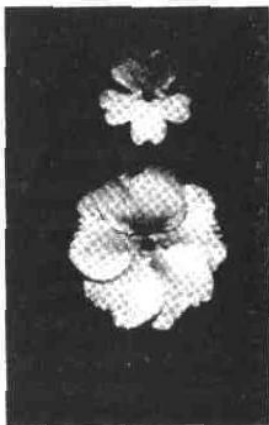


Рис. 6. Цветки дикорастущего первоцвета (вверху) и выведенной из него тетраплоидной садовой формы

*Естественный отбор направлен на очищение генофонда популяции от "бракованных" генов, видоизменение происходит только в рамках существующего генетического материала как адаптивная реакция на изменения окружающей среды.*

Важнейшим событием в эволюции форм живого являлся выход растений и живых существ из воды и последующее образование большого многообразия наземных растений и животных. Из них в дальнейшем и происходят высокоорганизованные формы жизни.

Переход к жизни в воздушной среде требовал многих изменений. Во-первых, вес тела здесь больше, чем в воде. Во-вторых, в воздухе не содержатся питательные вещества. В-третьих, воздух сухой, он иначе, чем вода, пропускает через себя свет и звук. Кроме того, содержание

кислорода в воздухе выше, чем в воде. Выход на сушу предполагал выработку соответствующих приспособлений.

По-видимому, еще в протерозое на поверхности суши в результате взаимодействия абиотических (минералы, климатические факторы) и биотических (бактерии, цианеи) условий возникает почва. Почвообразовательные процессы в протерозое подготовили условия для выхода на сушу растений, а затем и животных.

Вслед за растениями из воды на сушу и воздух (сначала по берегам рек, озер, болот) последовали различные виды членистоногих – предки насекомых, пауков и скорпионов. Первые обитатели суши напоминали по виду современных скорпионов. И если первые амфибии появились в девоне, то активное завоевание суши позвоночными началось в карбоне. Первые полностью приспособившиеся к жизни на суше позвоночные – рептилии. Яйца рептилий были покрыты твердой скорлупой, не боялись высыхания, были снабжены пищей и кислородом для эмбриона. Первые рептилии были небольшими животными, напоминающими ныне живущих ящериц. В карбоне значительного развития достигают насекомые. Появляются летающие насекомые.

Механизм видообразования в теории биохимической эволюции — естественный отбор случайно возникающих мутаций. Предлагаемый механизм видообразования предполагает большое количество переходных форм от одного вида к другому. Между тем, данные палеонтологии говорят о том, что виды существовали на протяжении сотен миллионов лет без каких-либо изменений. Изменялись климатические условия, одни виды вымирали, появлялись другие. Но никаких переходных форм не обнаружено.

### Контрольные вопросы

1. Поясните процесс самоорганизации сложных молекулярных комплексов.
2. Приведите примеры образования живых существ в воде и воздушной среде.
3. Что такое «энергетический кризис»?
4. Для чего необходим фотосинтез?
5. Какие реакции входят в процесс фотосинтеза?
6. Что такое АТФ?
7. Какую роль играет АТФ в живой природе?
8. Как осуществляется переход к жизни в воздушной среде?
9. Почему растения имеют зеленый цвет?
10. Объясните механизм видообразований.

## Тема 4. БИОСФЕРА ЗЕМЛИ

### План семинарского занятия

- 4.1. Уровни организации живой материи.
- 4.2. Биосфера как самый высокий уровень организации жизни.
- 4.3. Многообразие живых систем.
- 4.4. Биоценоз как элементарная ячейка биосферы.
- 4.5. Биотический круговорот.
- 4.6. Распределение солнечной энергии.
- 4.7. Солнечная активность и биосфера.
- 4.8. Ситуация «хищник – жертва».
- 4.9. Модель симбиоза.
- 4.10. Химическое равновесие в биосфере.

Все живые организмы, населяющие нашу планету, существуют не сами по себе, они зависят от окружающей среды и испытывают на себе ее воздействия. Точно согласованный комплекс множества факторов окружающей среды и приспособление к ним живых организмов обуславливает возможность существования всевозможных форм организмов.

Живая природа представляет собой сложно организованную, иерархичную систему. Выделяют несколько уровней организации живой материи.

1. Молекулярный. Любая живая система проявляется на уровне взаимодействия биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, полисахаридов, а также других важных органических веществ.

2. Клеточный. Клетка – структурная и функциональная единица размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Неклеточных форм жизни нет, а существование вирусов лишь подтверждает это правило, т.к. они могут проявлять свойства живых систем только в клетках.

3. Организменный. Организм представляет собой целостную одноклеточную или многоклеточную живую систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных для выполнения различных функций.

4. Популяционно-видовой. Под видом понимают совокупность особей, сходных по структурно-функциональной организации, имеющих одинаковый кариотип и единое происхождение и занимающих определенный ареал обитания, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство, характеризующихся сходным поведением и определенными взаимоотношениями с другими видами и факторами неживой природы.

Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка. В этой системе осуществляются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

5. Биогеоценотический. Биогеоценоз – сообщество, совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами конкретной среды их обитания – компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы.

6. Биосферный. Биосфера – самый высокий уровень организации жизни на нашей планете. В ней выделяют живое вещество – совокупность всех живых организмов, неживое или косное вещество и биокосное вещество (почва).

Термин “биосфера” впервые был использован в 1875г. австрийским геологом Э. Зюссом. Под *биосферой* понимается вся совокупность всех живых организмов вместе со средой их обитания, в которую входят: вода, нижняя часть атмосферы и верхняя часть земной коры, населенная микроорганизмами.

Два главных компонента биосферы – живые организмы и среда их обитания – непрерывно взаимодействуют между собой и находятся в тесном, органическом единстве, образуя целостную динамическую систему. Биосфера как глобальная суперсистема, в свою очередь, состоит из ряда подсистем.

*Многообразие живых систем* поражает воображение. За все время эволюции жизни на Земле существовало колоссальное количество различных видов живых организмов (всего около 500 млн). В настоящее время насчитывается около 1,2 млн видов животных и 0,5 млн видов растений. Минеральных же видов неживой материи (так называемое “косное вещество”) насчитывается лишь около 10 тыс. видов.

Отдельные живые организмы не существуют изолированно. В процессе своей жизнедеятельности они соединяются в различные системы (сообщества), например, в популяции. В ходе эволюции образуется другой, качественно новый уровень живых систем, так называемые *биоценозы* – совокупность растений, животных и микроорганизмов в локальной среде обитания.

Эволюция жизни постепенно приводит к росту и углублению дифференциации внутри биосферы. В совокупности с окружающей средой обитания, обмениваясь с ней веществом и энергией, биоценозы образуют новые системы – *биогеоценозы*, или, как их еще называют, экосистемы. Они могут быть разного масштаба: море, озеро, лес, роща и т.д. Биогеоценоз представляет собой естественную модель биосферы в миниатюре, включающую в себя все звенья биотического круговорота: от зеленых растений, создающих органическое вещество, до их потребителей, в итоге превращающих его вновь в минеральные элементы. Иначе

говоря, биогеоценоз является элементарной ячейкой биосферы. Таким образом, в совокупности все живые организмы и экосистемы образуют суперсистему – биосферу.

Говоря о принципах существования биосферы, В.И. Вернадский прежде всего уточнял понятие и способы функционирования живого вещества. Живой организм является неотъемлемой частью земной коры и изменяющим ее агентом, а живое вещество – это совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах. Организмы берут из окружающей среды химические элементы, строящие их тела, и возвращают их после смерти и в процессе жизни в ту же самую среду. Тем самым и жизнь, и косное вещество находятся в непрерывном тесном взаимодействии, в круговороте химических элементов. При этом живое вещество служит основным системообразующим фактором и связывает биосферу в единое целое.

Обладая значительно большей активностью, чем неорганическая природа, живые организмы стремятся к постоянному совершенствованию и размножению соответствующих систем, включая биоценозы. Последние, в свою очередь, неизбежно взаимодействуют между собой, что в конечном счете уравнивает живые системы различного уровня. В результате достигается динамическая гармония всей суперсистемы жизни – биосферы.

*Биосфера* представляет из себя единство живого и минеральных элементов, вовлеченных в сферу жизни. Она распределена по земной поверхности крайне неравномерно и в различных природных условиях принимает вид относительно независимых комплексов — биогеоценозов (или экосистем). Живая часть биогеоценоза — *биоценоз* — состоит из популяций организмов разных видов.

Биосфера улавливает лишь небольшую часть солнечной энергии, поступающей на Землю (рис. 7). Ультрафиолетовая часть солнечного спектра, которая в энергетическом отношении составляет около 30% всей солнечной энергии, доходящей до Земли, практически полностью задерживается атмосферой. Половина поступающей энергии превращается в тепло и затем излучается в космическое пространство, 20% расходуется на испарение воды и образование облаков и только около 0,02% используется биосферой. Зеленые растения усваивают эту энергию, поглощая молекулы хлорофилла, затем в процессе фотосинтеза преобразуют ее и запасают в форме сахаров. От этого процесса зависит все существование биосферы.

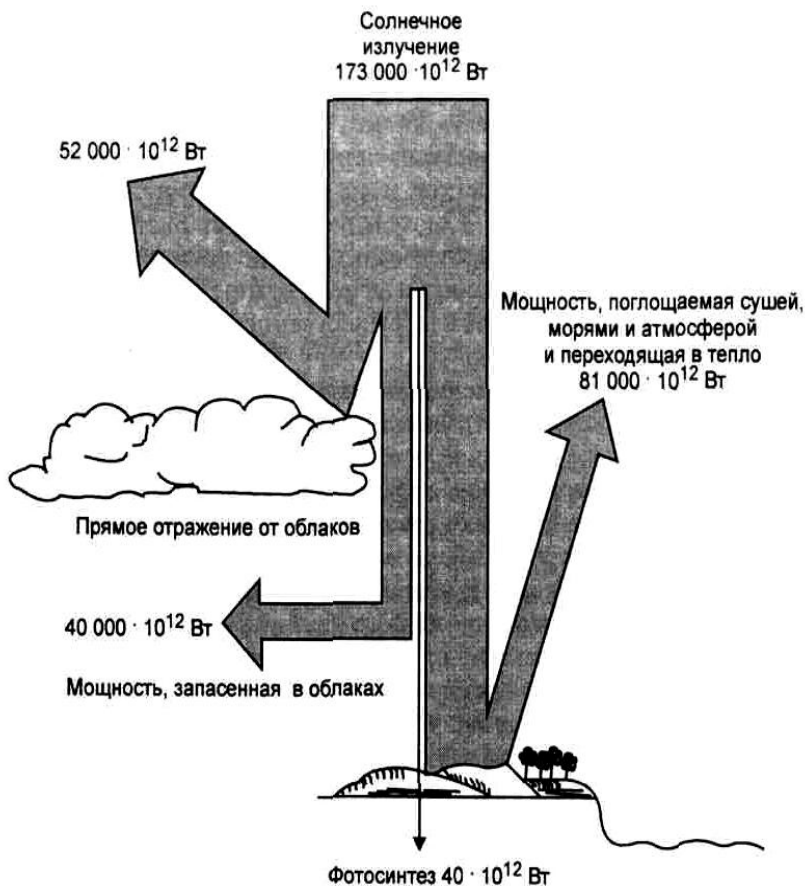


Рис. 7. Распределение солнечной энергии

Основу биосферы составляет *биотический круговорот* органических веществ при участии всех населяющих ее организмов. В закономерностях этого круговорота решена проблема развития и длительного существования жизни. Толщина стрелок соответствует количеству поглощенной, отраженной или запасенной мощности (энергии в 1 с).

Жизнь на Земле идет именно таким путем. Каждый вид — это только звено в биотическом круговороте. Непрерывность жизни обеспечивается процессами синтеза и распада, каждый организм отдает или выделяет то, что используют другие организмы. Особенно велика в этом круговороте роль микроорганизмов, которые превращают остатки животных и растений в минеральные соли и простейшие органические соединения, вновь используемые зелеными растениями для синтеза но-

вых органических веществ. При разрушении сложных органических соединений высвобождается энергия, теряется информация, свойственная сложно организованным существам. Любая форма жизни участвует в биотическом круговороте и на нем основана саморегуляция биосферы. Микроорганизмы при этом играют двоякую роль: они быстро приспосабливаются к разным условиям жизни и могут использовать различные субстраты в качестве источника углерода и энергии. Высшие организмы не обладают такими способностями и потому располагаются выше одноклеточных в экологической пирамиде, опираясь на них, как на фундамент.

*Популяцией* называют группу особей одного вида, обладающих способностью свободно скрещиваться и неограниченно долго поддерживать свое существование в определенном местообитании. Популяция – это некоторое единство, которое определяется общностью занимаемой особями территории (или акватории), а также общностью их происхождения, сходством строения и поведения. Например: все особи, обитающие в небольшом озере, или все деревья одного вида в лесу.

Члены одной популяции оказывают друг на друга не меньшее взаимодействие, чем физические факторы среды или другие обитающие совместно виды организмов. В популяциях проявляются в той или иной степени все формы связей, характерные для межвидовых отношений, но наиболее ярко выражены мутуалистические (взаимно полезные) и конкурентные. Во всех случаях в популяциях действуют законы, позволяющие таким образом использовать ограниченные ресурсы среды, чтобы обеспечить воспроизведение потомства. Достигается это в основном через количественное изменение населения. Популяции многих видов обладают свойствами, позволяющими им регулировать свою численность.

Поддержание оптимальной в данных условиях численности называют гомеостазом популяции. Гомеостатические возможности популяций по-разному выражены у различных видов. Осуществляются они через взаимодействия особей.

Таким образом, популяции, как групповые объединения, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельной особи. Групповые особенности – это основные характеристики популяций. К ним относятся:

- 1) численность – общее количество особей на выделяемой территории;
- 2) плотность – среднее число особей на единицу площади или объема, занимаемого популяцией пространства; плотность популяции можно выражать также через массу членов популяции в единице пространства;
- 3) рождаемость – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения;



4) смертность – показатель, отражающий количество погибших в популяции особей за определенный отрезок времени;

5) прирост популяции – разница между рождаемостью; прирост может быть как положительным, так и отрицательным;

6) темп роста – средний прирост за единицу времени.

Популяции свойственна определенная организация. Распределение особей по территории, соотношения групп по полу, возрасту, морфологическим, физиологическим, поведенческим и генетическим особенностям отражают структуру популяции. Она формируется, с одной стороны, на основе общих биологических свойств вида, а с другой – под влиянием абиотических факторов среды и популяций других видов. Структура популяций имеет, следовательно, приспособительный характер. Разные популяции одного вида обладают как сходными особенностями структуры, так и отличительными, характеризующими специфику экологических условий в местах их обитания.

### ***Биосфера и солнечная активность***

Огромное число процессов на Земле связано с излучением Солнца. Общий поток излучения примерно стабилен, все изменения порядка 1 процента.

Представление о солнечно-земных связях складывалось постепенно, на основе отдельных догадок и открытий. Так, в конце XIX века К.О. Биркелан (Норвегия) впервые высказал предположение, что Солнце кроме волнового излучения испускает также и частицы. В 1915 г. А.Л. Чижевский обратил внимание на циклическую связь между развитием некоторых эпидемий и пятнообразовательной деятельностью Солнца. Синхронность многих гелио- и геофизических явлений (а также форма кометных хвостов) наводила на мысль, что в межпланетном пространстве имеется агент, передающий солнечные возмущения Земле. Этим агентом оказался солнечный ветер, существование которого экспериментально было доказано в начале 1960-х гг. путем прямых измерений с помощью автоматических межпланетных станций. Открытие солнечного ветра вместе с накопленными данными о других проявлениях солнечной активности послужило основой для исследования физики солнечно-земных связей.

Солнечная активность – совокупность явлений, наблюдаемых на Солнце и связанных с образованием солнечных пятен, факелов, флоккулов, волокон, протуберанцев, возникновением солнечных вспышек, возмущений в солнечной короне, увеличением ультрафиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучения и др. Большинство этих явлений тесно связано между собой и возникает в активных областях. В их протекании отчетливо видна цикличность со средним периодом 11,2 года, а также с периодами 22, 80–90 лет и др.

Циклические изменения солнечной активности проявляются на Земле в частоте и интенсивности магнитных бурь, полярных сияний, в колебаниях ультрафиолетовой радиации, степени ионизации верхних слоев атмосферы и т.п. Все это неизбежно сказывается на биосфере в целом, на телесном и психическом состоянии людей. Также существенную роль в космическом и планетарном механизмах биосферы играют электромагнитные поля, что связано с устойчивым неравновесием. Состояние устойчивого неравновесия, характеризующее сущность живого вещества, служит основой для проявления принципа биологического усиления слабых воздействий, имеющего первостепенное значение для информационного взаимодействия электромагнитных полей с биосферой, особенно с биосистемами.

Биосфера погружена в океан электромагнитных полей космического, земного и биогенного происхождения. Электромагнитный спектр биосферы изменялся в широких пределах: от вековых, сезонных до суточных изменений электрических и магнитных полей и даже до гамма-излучений. Практически все процессы жизнедеятельности связаны с электромагнитными полями.

Электромагнитные поля имеют информационное значение в популяции биосистем. Электромагнитный фон биосферы является эволюционным фактором, который влияет на биологические ритмы, космические излучения, генерируемые ядром галактики, нейтронными звездами, ближайшими звездными системами, Солнцем и планетами, пронизывающими биосферу, и все в ней. В этом потоке разнообразных излучений основное место принадлежит солнечному излучению, которое обуславливает существенные черты функционирования механизма биосферы. В.И. Вернадский писал: «Солнцем в корне переработан и изменен лик Земли, пронизана и охвачена биосфера. В значительной мере биосфера является проявлением его излучений. Она составляет планетный механизм, превращающий их в новые разнообразные формы земной свободной энергии, которые в корне меняют историю и судьбу нашей планеты».

С циклическими изменениями солнечной активности связано проявление многолетних биологических циклов. Излучением влияния изменений солнечной активности на живые организмы Земли занимается гелиобиология – наука, основы которой были заложены в начале 1920-х гг. А.Л. Чижевским (1897–1964). Чижевский считал, что гелиобиология, показывающая несомненную связь земных событий с космическими ритмами, является современной научной формой древнего астрологического учения.

Чижевский установил зависимость между циклами активности Солнца и многими явлениями в биосфере. Он использовал концепцию биосферы как оболочки планеты и ввел представление о компенсатор-

но-защитной функции биосферы, необходимой для существования в планетарно-космических условиях Земли живых организмов.

Химическое равновесие в биосфере опирается на биотический круговорот. *Хотя отдельные циклы изучены недостаточно, ясно, что система находится на грани порядка и хаоса и может быть выведена из этого состояния неустойчивого равновесия даже малым воздействием.* Ряд ученых (Л. Маршалл, М. И. Будыко, Л. Беркнер и др. ) считают, что *резкое уменьшение углекислоты в атмосфере с появлением фотосинтеза приводило к похолоданию и оледенению Земли, и, естественно, к нарушению существовавших циклов.* Собственно, это сейчас и делает индустриально вооруженный человек. Биосфера сформировалась по своему плану, без участия человека, и биогеоценозы пока еще находят резервы, чтобы справиться с вмешательством человека, но неизвестно, насколько их хватит.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите уровни организации живой материи.
2. Что понимают под организменным, популяционно-видовым, биогеноценотическим уровнями?
3. Что происходит с солнечной энергией, падающей на Землю?
4. Поясните понятие биотического круговорота.
5. Какими процессами обеспечивается непрерывность жизни?
6. Какими моделями описывается сосуществование и конкуренция различных видов?
7. Модель «хищник-жертва» и ее значение для экологии. Каким образом изменяется численность хищников и жертв, живущих на одной территории? Приведите примеры.
8. Модель симбиоза и ее значение.
9. Насколько устойчиво химическое равновесие в биосфере?
10. Какие проблемы встают перед человечеством в связи с этим?

## Тема 5. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В БИОЛОГИИ

### План семинарского занятия

- 5.1. Системы регулирования и саморегуляции живой природы – гомеостаз и кибернетика.
- 5.2. Основные компоненты систем управления.
- 5.3. Основные “органы управления” клетки.
- 5.4. Строение клетки животных.
- 5.5. Роль и функция нервной и эндокринной систем управления.
- 5.6. Пример простой биологической системы – контроль кальция в крови.

*Живой организм* представляет собой открытую физико-химическую систему, существующую в окружающей среде в стационарном состоянии. У всех живых организмов — от морфологически самых простых до наиболее сложных — имеются разнообразные анатомические и физиологические приспособления, служащие одной цели — сохранению постоянства внутренней среды, то есть поддержанию в достаточно узких пределах температуры тела, содержания в нем воды, градиентов концентрации ионов, кровяного давления и т. д. По словам французского физиолога Клода Бернара: "Постоянство внутренней среды является обязательным условием свободной жизни". Способность живых систем сохранять стационарное состояние в условиях непрерывно меняющейся внешней среды обуславливает их выживание.

На уровне клеток и на уровне тканей действуют разнообразные системы саморегуляции, обозначаемые термином *гомеостаз* (от греч. *homois* — тот же; *stasis* — состояние). Способы регуляции, существующие в живой природе, имеют много общих черт с регулирующими устройствами в современной технике. И в том и в другом случае стабильность достигается благодаря определенной форме управления. Общими закономерностями регулирования в живой и неживой природе занимается *кибернетика* (от греч. *cybernos* — рулевой). Физиологи, изучающие растения и животных, часто используют точные математические методы теории управления для обозначения механизмов действия биологических регуляторных систем.

*Мерой эффективности всякой управленческой системы является степень отклонения регулируемого параметра от должного (оптимального) уровня и скорость возвращения к этому уровню.* Гомеостатические механизмы имеют некоторую свободу колебаний, так как именно колебания активизируют систему управления и возвращают переменную к оптимальной величине. Подобные системы основаны на таком соединении компонентов, при котором выход может регули-

роваться входом, то есть они действуют по принципу обратной связи. Причем в системах с обратной связью выход может одновременно служить входом.

Для осуществления обратной связи необходимо, чтобы результат работы данной системы сравнивался с заданным значением ("установкой"), являющимся оптимальным значением регулируемого параметра (переменной), а в случае отклонения от него соответствующим образом изменялся (рис. 8).

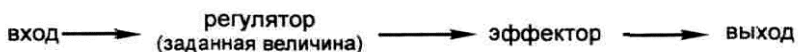


Рис. 8. Основные компоненты систем управления

Существуют два вида обратной связи — отрицательная и положительная. Отрицательная обратная связь более распространена в гомеостатических системах живых организмов, так как она повышает стабильность системы. При нарушении равновесия системы возникает ряд последствий, которые приводят к устранению этого нарушения и возвращению системы в исходное состояние.

Положительная обратная связь редко встречается в биологических системах, так как она приводит к нестабильности системы и к экстремальным состояниям. Возникшее возмущение вызывает такие последствия, которые еще более его усиливают. Например, во время распространения нервного импульса деполяризация мембраны нейрона повышает ее проницаемость для  $\text{Na}^+$ . Ионы  $\text{Na}^+$  входят в аксон через ионные каналы в мембране и вызывают дальнейшую деполяризацию, которая приводит к возникновению потенциала действия. В этом случае положительная обратная связь действует как усилитель сигнала, величину которого ограничивают другие механизмы.

Системы управления на уровне тканей — эндокринная и нервная системы, на уровне клетки — система обратных связей на молекулярном уровне (рис. 9).

Вверху изображены "органы управления" клетки — ДНК, состоящая из нуклеотидов, последовательностью которых кодируется информация, и рибосомы; ниже — "рабочие органы", поделенные на "специфические" и "обеспечивающие" структуры, которые выполняют соответствующие функции. Толстыми стрелками обозначены внешние "входы" и "выходы", тонкими — связи между элементами внутри клетки.

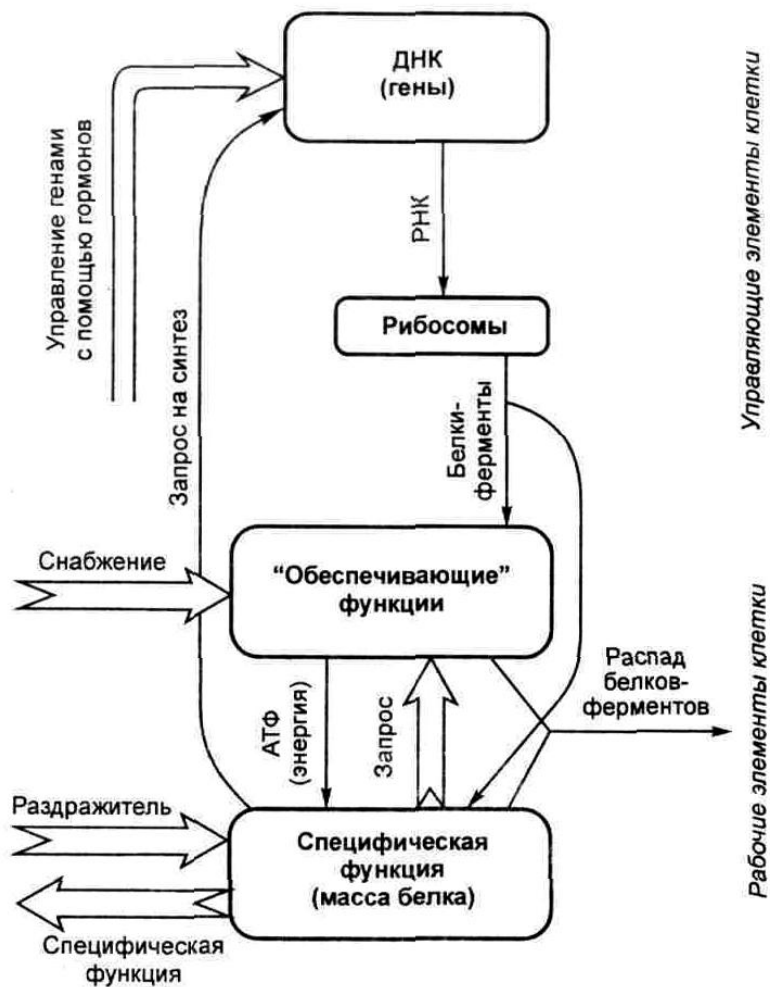


Рис. 9. Схема клетки

Связь с окружающей средой осуществляется через плазматическую мембрану, которая позволяет проникать в клетку и выходить из нее лишь определенным молекулам. Обмен через мембрану регулируется диффузией, осмотическими и электрическими градиентами, активными механизмами переноса (ионными насосами) и перемещениями мембранных структур, как, например, при пиноцитозе и фагоцитозе.

Внутриклеточная деятельность сводится к многочисленным химическим реакциям, каждая из которых протекает под действием своего

белка-фермента. Ген — участок ДНК, кодирующий определенный белок. Белки синтезируются, "печатаются" в рибосомах по матрицам — РНК, которые получают путем копирования гена с ДНК.

В генах содержится информация о структуре всех белков клетки, а кроме того, множество инструкций, призванных управлять, то есть "включать" и "останавливать" синтез тех или иных белков, в зависимости от деятельности клетки в данный период. Например, для деления клеток нужны одни белки, для захвата пищи или переваривания — другие. "Неработающие" гены заблокированы, они включаются в действие по сигналам, идущим от "рабочих" элементов ("запрос на синтез"), а также от эндокринной системы управления, действующей через специфические гормоны.

*В каждой клетке организма есть полный набор генов для всех видов его клеток, который сформировался еще в яйцеклетке при ее оплодотворении. В нем закодированы все белки и все "инструкции", как должен действовать каждый вид клеток в процессе жизни.*

По теории Жакоба и Моно, в ДНК, кроме структурных генов, несущих информацию о процессе биосинтеза, есть гены-операторы и гены-регуляторы. Последние кодируют синтез специфического вещества — репрессора, который присоединяется к гену-оператору и может регулировать работу структурного гена, отвечающего за синтез белка, вплоть до прекращения процесса синтеза. Но если в клетку попадает вещество, называемое индуктором, то репрессор соединяется с ним, освобождая ген-оператор. Начинается синтез информационной РНК, которая служит матрицей для производства белка (рис. 10).

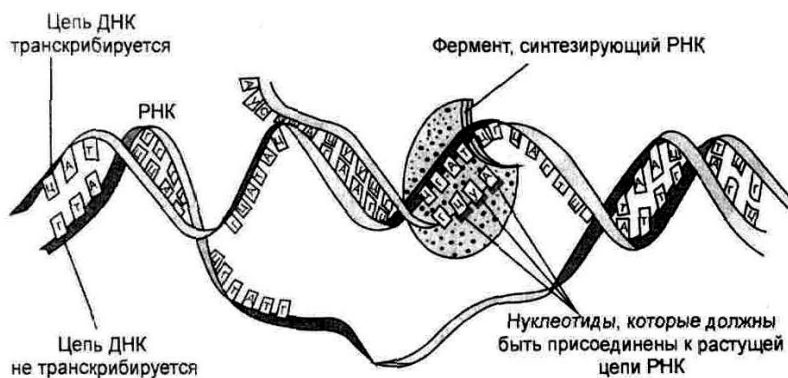


Рис. 10. Транскрипция: синтез РНК на ДНК-матрице.

После того, как вещество-индуктор израсходуется, репрессор, непрерывно производимый геном-регулятором, связывается вновь с ге-

ном-оператором — и цикл повторяется. Так работает обратная связь на молекулярном уровне.

"Главная" деятельность клетки, служащая нуждам целого организма, осуществляется ее специфическими рабочими элементами. "Обеспечивающие" элементы производят энергию в виде молекул АТФ.

Клетка живет по своим программам, заданным в ее генах, и напоминает современный большой завод, управляемый суперкомпьютером с гибкими программами, обеспечивающими выполнение плана при всех трудностях (рис. 11). Если условия среды становятся для клетки неблагоприятными, то функции ее постепенно ослабевают и жизнь замирает.

*Целям поддержания благоприятных условий служат нервная и эндокринная системы управления.*

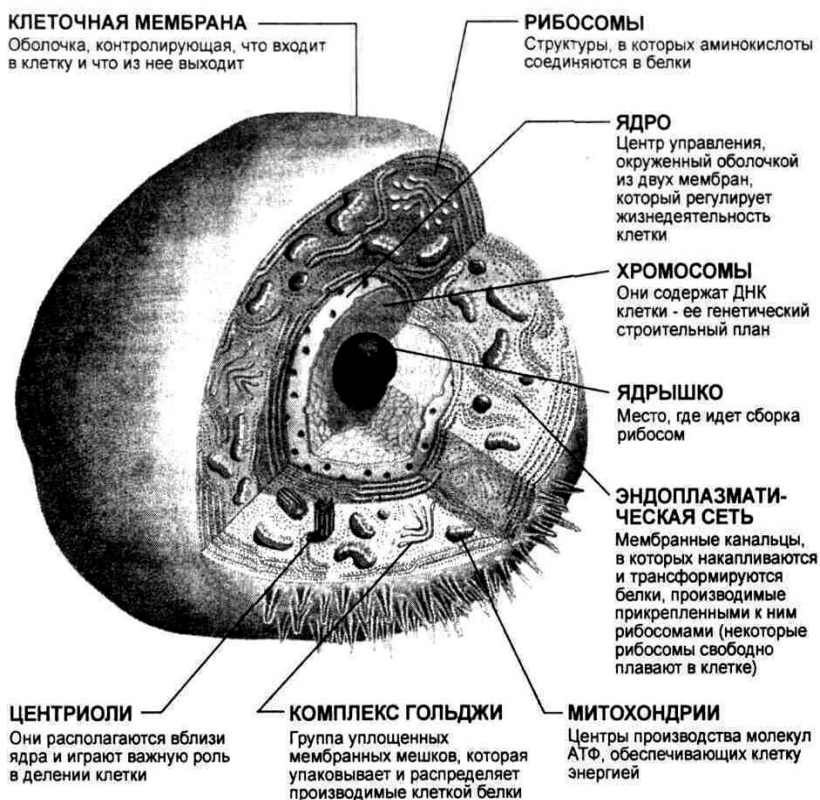


Рис. 11. Клетка животных



Нервная система действует очень быстро, ее эффекты четко локализованы, а в основе ее деятельности лежит электрическая и химическая передачи.

*Нервная система* состоит из высокодифференцированных клеток, функция которых заключается в том, чтобы воспринимать информацию, кодировать ее в виде электрических импульсов и передавать другим клеткам, способным отвечать надлежащим образом.

У многоклеточных животных вся сенсорная информация воспринимается нервными клетками, носящими название *рецепторов*. Воспринимаемая рецепторами информация по нейронам передается эффекторным клеткам и вызывает в них реакцию, определенным образом связанную со стимулом.

Нервную систему позвоночных подразделяют на центральную и периферическую. *К центральной нервной системе относятся головной и спинной мозг. Она включает нейроны, целиком лежащие в ЦНС, а также тела клеток, посылающих свои отростки на периферию.*

*Все остальные части нервной системы, не относящиеся к ЦНС, составляют периферическую нервную систему. Она включает пучки аксонов, окруженные соединительной оболочкой, и ганглии — группы тел нейронов, лежащих вне ЦНС.*

В свою очередь периферическая нервная система подразделяется на соматическую и вегетативную. *Соматическая нервная система* контролирует работу скелетных мышц, с помощью которых мы двигаемся, говорим, управляем своим телом. Эти мышцы находятся под произвольным контролем.

*Вегетативная нервная система* управляет мышцами и железами, функция которых не поддается волевому контролю (например, мускулатура стенки пищеварительного тракта и стенок кровеносных сосудов).

*Эндокринная система управления* действует более медленно, ее эффекты носят диффузный характер, а в основе ее действия лежит химическая передача сигнала через систему кровообращения. В эндокринных железах синтезируются гормоны и разносятся с током крови в самые отдаленные уголки организма (табл. 1). Секретия гормонов регулируется по принципу отрицательной обратной связи.

Органы чувств, реагирующие на изменение внешней среды, связаны с железами внутренней секреции с помощью гипоталамуса — жизненно важной областью головного мозга (рис. 12). Группы клеток гипоталамуса обуславливают ответы на такие ощущения, как боль, удовольствие, чувство голода или жажды и сексуальная потребность. Гипоталамус связан с гипофизом — важнейшей эндокринной железой, в которой синтезируется множество гормонов.

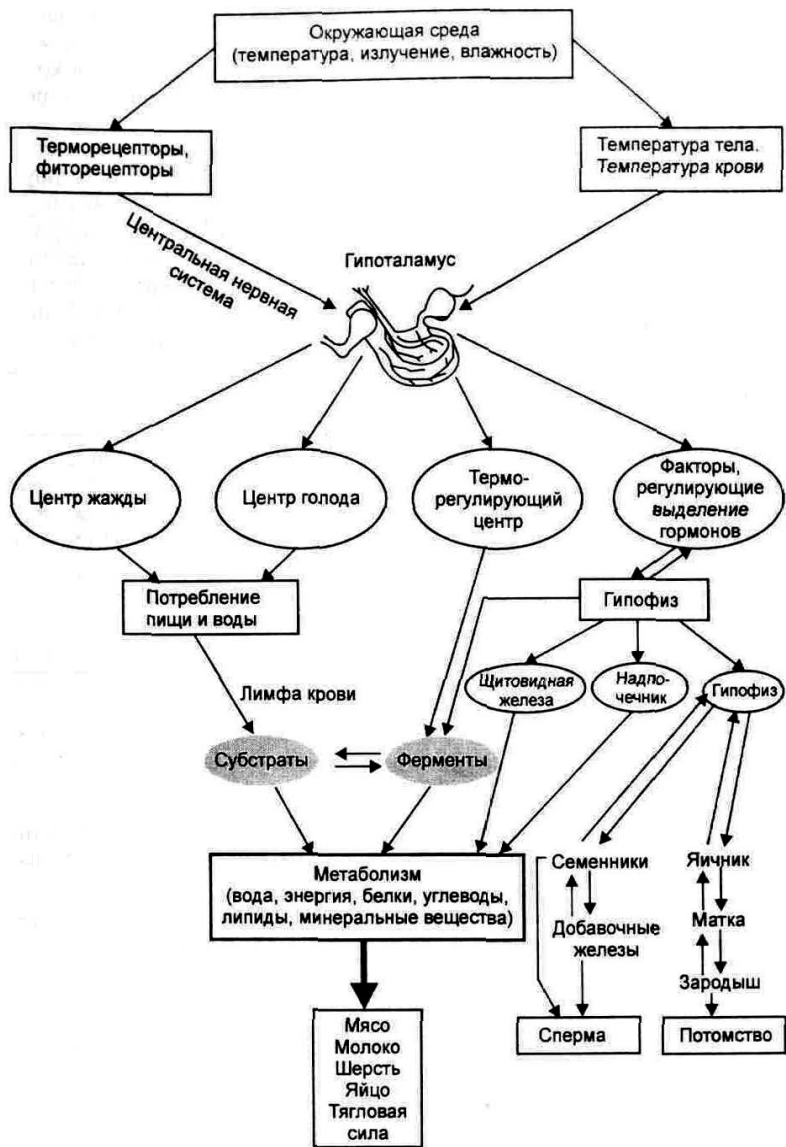


Рис. 12. Жизнедеятельность животных регулируется центральной нервной системой и гормональными механизмами

### Некоторые гормоны позвоночных, места их синтеза и действия

Гормон	Место синтеза	Стимулирует
Тироксин	Щитовидная железа	Рост и метаболизм
Кальцитонин	Щитовидная железа	Снижение концентрации кальция в крови в результате связывания его в костях
Паратгормон	Паращитовидная железа	Увеличение концентрации кальция в крови в результате высвобождения его из костей
Инсулин	Поджелудочная железа	Снижение концентрации кальция в крови в результате поглощения его другими клетками
Глюкагон	Поджелудочная железа	Повышение концентрации сахара в результате поступления его из печени
Адреналин	Мозговое вещество надпочечников	Расширение некоторых кровеносных сосудов; повышение артериального давления; повышение концентрации сахара в крови

Пример простой биологической системы управления – контроль кальция в крови (рис. 13). Возрастание ионов кальция в крови вызывает секрецию щитовидной железы – гормона кальцитонина. Под влиянием кальцитонина клетки в костях начинают поглощать кальций, его концентрация в крови снижается. В свою очередь, снижение концентрации кальция в крови вызывает прекращение секреции кальцитонина.



Рис. 13. Схема контроля кальция в крови по принципу отрицательной обратной связи

Нервная и эндокринная система порознь и совместно регулируют жизнедеятельность организма. В табл. 2 резюмированы различия между этими двумя системами, что позволяет увидеть преимущества каждой системы в связи с функцией, которую она выполняет.

Таблица 2

### Сравнение нервной и эндокринной систем управления

Нервная регуляция	Эндокринная регуляция
Информация передается по аксонам в виде ионного разряда	Информация передается химическими веществами через кровеносное русло
Передача быстрая	Передача медленная
Реакция наступает немедленно	Реакция развивается медленно
Реакция кратковременная	Реакция продолжительная
Реакция четко локализована	Реакция обычно генерализована

### Контрольные вопросы

1. Механизмы, обеспечивающие выживание живых организмов в условиях меняющейся окружающей среды. Что является условием выживания?
2. Система управления внутриклеточными процессами. Как функционирует эта система управления по теории Жакоба и Моно?
3. Строение и функции нервной системы управления.
4. Строение и функции эндокринной системы управления.
5. Гипоталамус и взаимодействие нервной и эндокринной систем управления.
6. Различия и особенности нервной и эндокринной систем управления.

## Тема 6. ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

### План семинарского занятия

- 6.1. Появление человека на Земле.
- 6.2. Возникновение антропогенезов.
- 6.3. Географическая среда и техносфера.
- 6.4. Ноосфера. Учение В.И. Вернадского о ноосфере.
- 6.5. Природные ресурсы и их использование.
- 6.6. Антропогенное воздействие на биосферу. Экология.
- 6.7. Экологические проблемы биосферы.
- 6.8. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование.

Вершиной эволюции живого на Земле явился человек, который как биологический вид на основе многочисленных изменений приобрел не только сознание (совершенную форму отображения окружающего мира), но и способность изготавливать и использовать в своей жизни орудия труда. Посредством орудий труда человечество стало создавать фактически искусственную среду своего обитания (поселения, жилища, одежду, продукты питания, машины и многое другое). С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной природной движущей силой.

Первая созданная человеком культура – палеолит (каменный век) – продолжалась примерно 20–30 тысяч лет. Она совпадала с длительным периодом оледенения. Экономической основой жизни человеческого общества была охота на крупных животных: благородного и северного оленя, шерстистого носорога, осла, лошадь, мамонта, тура. Интенсивное истребление крупных травоядных животных привело к сравнительно быстрому сокращению их численности и исчезновению многих видов. Если мелкие травоядные могли восполнить потери от преследования охотниками высокой рождаемостью, то крупные животные в силу эволюционной истории были лишены этой возможности. Дополнительные трудности возникли вследствие изменения природных условий в конце палеолита. 10–12 тысяч лет назад наступило резкое потепление, отступил ледник, леса распространились в Европе, вымерли крупные животные. Это создало новые условия жизни, разрушило сложившуюся экономическую базу человеческого общества. Закончился период его развития, характеризовавшийся только использованием пищи, т.е. чисто потребительским отношением к окружающей среде.

В следующую эпоху – эпоху неолита (новый каменный век) – наряду с охотой, рыбной ловлей и собирательством все большее значение приобретает процесс производства пищи. Делаются первые попытки

одомашнивания животных и разведения растений, зарождается производство керамики. Уже 9–10 тысяч лет назад существовали поселения, среди остатков которых обнаруживают пшеницу, ячмень, чечевицу, кости домашних животных – коз, свиней, овец. Развиваются зачатки земледельческого и скотоводческого хозяйства. Широко используется огонь и для уничтожения растительности в условиях подсечного земледелия, и как средство охоты. Начинается освоение минеральных ресурсов, зарождается металлургия.

Рост населения, качественный скачок в развитии науки и техники за последние два столетия, и особенно в наши дни, привели к тому, что деятельность человека стала фактором планетарного масштаба, направляющей силой дальнейшей эволюции биосферы. Возникли *антропоценозы* (от греческого *anthropos* – человек, *koinos* – общий, общность) – сообщества организмов, в которых человек является доминирующим видом, а его деятельность – определяющей состоянием всей системы.

Человечество, несмотря на всю свою сегодняшнюю мощь и независимость, является составной частью и продолжением единой природы. Человек, общество неразрывно с ней связаны и не в состоянии существовать и развиваться вне природы и в первую очередь без непосредственно окружающей его природной среды.

Связь человека с окружающей средой особенно ярко выражена в сфере материального производства. Природные богатства (прежде всего полезные ископаемые) служат естественной основой материального производства и жизни общества в целом. Поэтому, даже “выйдя из природы”, человечество не в состоянии существовать без продуктов труда, полученных в результате материального производства, “очеловечивания природы”. Природа является естественной основой жизнедеятельности человека и общества в целом. Вне природы и созданных на ее основе предметов человек не существует.

Наиболее тесно человек связан с такими составляющими природы и биосферы, как географическая и окружающая среда. *Географическая среда* есть та часть природы (растительный и животный мир, вода, почва, атмосфера Земли), которая вовлечена в сферу жизни человека, в первую очередь в производственный процесс. Она оказывает существенное влияние на самые разные стороны жизни человека и, прежде всего на развитие материального производства. Многообразие свойств природы явилось естественной основой для разделения труда (охота, земледелие, скотоводство, добыча полезных ископаемых и т.д.). От особенностей географической среды зависят конкретные направления человеческой деятельности, в частности, развитие тех или иных отраслей производства в различных странах и на континентах.

Влияние природы в виде конкретной географической среды на историческое развитие того или иного народа весьма различно, оно про-

являлось, например, как наличие или отсутствие благоприятных природных условий для производства сельскохозяйственных продуктов, а также в других отношениях. Данное различие было особо чувствительным для человека на ранних ступенях развития общества, когда преобразование предметов природы составляло лишь незначительный процент по сравнению с их использованием в готовом виде.

Неблагоприятные природные условия существенно тормозили общественное развитие. Не случайно поэтому древние цивилизации возникали первоначально именно у народов южных стран. Благоприятный климат требовал меньших затрат труда на изготовление жилищ и одежды, на производство продуктов. На Юге открывалась лучшая возможность для развития разделения труда, возникновения прибавочного продукта, появления культуры.

Однако лучшие природные условия южных стран обеспечивали эти преимущества главным образом на ранних ступенях развития человечества. В дальнейшем же положительная роль благоприятного климата парадоксальным образом превратилась в отрицательную, ибо во многом отсутствовал стимул производства. Именно поэтому активная история народов южных регионов как бы замораживается в средневековье.

“*Окружающая среда*” – более широкое понятие, чем географическая. Оно включает в себя, помимо поверхности Земли и ее недр, часть Солнечной системы, которая попадает или может попасть в сферу деятельности человека, а также созданный им материальный мир. В структуре окружающей среды выделяют две важнейшие составляющие: естественную и искусственную среды обитания.

*Естественная среда обитания* включает в себя неживую и живую части природы – геосферу и биосферу. Она существует и развивается без вмешательства человека, естественным образом. Однако в ходе эволюции человек постепенно все больше осваивает естественную среду обитания. Первоначально это было лишь простое потребление *естественных богатств* (диких плодов, растений и животных). Затем человек начал использовать и *естественные источники* средств жизни (полезные ископаемые, энергетические источники), преобразуя их в ходе своей практической деятельности.

Уровень воздействия человека на окружающую среду зависит в первую очередь от технической вооруженности общества. Она была крайне мала на начальных этапах развития человечества. Однако с развитием общества, ростом его производительных сил ситуация изменилась кардинальным образом. XX столетие – век научно-технического прогресса. Связанный с качественно новым взаимоотношением науки, техники и технологии, он колоссально увеличил масштабы воздействия общества на природу и поставил перед человеком целый ряд новых, чрезвычайно острых проблем.

Изучение влияния техники на биосферу и природу в целом нуждается не только в прикладном, но и в глубоком теоретическом осмыслении. Техника все менее остается только вспомогательной силой для человека. Все больше проявляется ее автономность.

Понятие “совокупность техники и технические системы” лишь начинает обретать право на существование в науке. По аналогии с живым веществом, лежащим в основе биосферы, мы можем говорить о *техновеществе* как совокупности всех существующих технических устройств и систем (своеобразных техноценозов). В результате преобразования человеком естественной среды обитания можно говорить уже о реальном существовании нового ее состояния – о техносфере.

Понятие “техносфера” выражает совокупность технических устройств и систем вместе с областью технической деятельности человека. Ее структура достаточно сложна, так как включает в себя техногенное вещество, технические системы, живое вещество, верхнюю часть земной коры, атмосферу, гидросферу. Более того, с началом эры космических полетов техносфера вышла далеко за пределы биосферы и охватывает уже околоземный космос.

Нет смысла современному человеку подробно говорить о роли и значении техносферы в жизни общества и природы. Техносфера все больше преобразует природу, изменяя прежние и создавая новые ландшафты, активно влияя на другие сферы и оболочки Земли и прежде всего на биосферу.

### **Ноосфера. Учение Вернадского о ноосфере.**

Огромное влияние человека на природу и масштабные последствия его деятельности послужили основой для создания учения о *ноосфере*. Термин “ноосфера” переводится буквально как сфера разума. Впервые его ввел в научный оборот в 1927 г. французский ученый Э. Леруа. Вместе с Тейяром де Шарденом он рассматривал ноосферу как некое идеальное образование, внебиосферную оболочку мысли, окружающую Землю.

Ряд ученых предлагают употреблять вместо понятия “ноосфера” другие понятия: “техносфера”, “антропосфера”, “психосфера”, “социосфера” или использовать их в качестве синонимов. Подобный подход представляется весьма спорным, так как между перечисленными понятиями и понятием “ноосфера” есть определенная разница.

Следует также отметить, что учение о ноосфере не носит пока законченного канонического характера, которое можно было бы принимать как некое безусловное руководство к действию. Учение о ноосфере было сформулировано и в трудах одного из его основателей В.И. Вернадского. В его работах можно встретить разные определения и пред-



ставления о ноосфере, которые к тому же менялись на протяжении жизни ученого. Вернадский начал развивать данную концепцию с начала 1930-х гг., после детальной разработки учения о биосфере. Осознавая огромную роль и значение человека в жизни преобразования планеты, В.И. Вернадский употребляет понятие “ноосфера” в разных смыслах: 1) как состояние планеты, когда человек становится крупнейшей преобразующей геологической силой; 2) как область активного проявления научной мысли; 3) как главный фактор перестройки и изменения биосферы.

Очень важным в учении В.И. Вернадского о ноосфере было то, что он впервые осознал и попытался осуществить *синтез естественных и общественных наук* при изучении проблемы глобальной деятельности человека, активно перестраивающего окружающую среду. По его мнению, ноосфера уже есть качественно иная, высшая стадия биосферы, связанная с коренным преобразованием не только природы, но и человека. Это не просто сфера приложения знаний человека при высоком уровне техники. Для этого достаточно понятия “техносфера”. Речь идет о таком этапе в жизни человечества, когда преобразующая деятельность человека будет основываться на строго научном и действительно разумном понимании всех происходящих процессов и обязательно сочетается с “интересами природы”.

В настоящее время под *ноосферой* понимается сфера взаимодействия человека и природы, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным определяющим фактором развития. В *структуре ноосферы* можно выделить в качестве составляющих человечество, общественные системы, совокупность научных знаний, сумму техники и технологий в единстве с биосферой. Гармоничная взаимосвязь всех составляющих структуры есть основа устойчивого существования и развития ноосферы.

### Экология.

Наука, изучающая взаимодействие организмов с окружающей средой, называется *экологией*. Используемые в ней подходы на основе переработки всей доступной информации служат для получения всеобъемлющей картины живых систем и их окружения. Экология выросла из “естественной истории” так же, как физиология или генетика. С середины прошлого века ее значение стало расти, область приложения существенно расширилась. Современная экология является междисциплинарной наукой, развивающейся на стыке физики, биологии, техники и общественных наук.

Одним словом, экология — это наука, изучающая все сложные взаимосвязи и взаимоотношения в природе, рассматриваемые Дарвиным как условия борьбы за существование. С тех пор в результате дея-

тельности человека естественная наука экология все более приобретает политический и социальный характер, включая в себя право, экономику, социологию и другие научные дисциплины.

Среди природных богатств планеты различают исчерпаемые и неисчерпаемые ресурсы.

Последствия антропогенной (предпринимаемой человеком) деятельности проявляются в истощении природных ресурсов, загрязнении биосферы отходами производства, разрушении природных экосистем, изменении структуры поверхности Земли, изменении климата. Антропогенные воздействия приводят к нарушению практически всех природных биогеохимических циклов.

В соответствии с плотностью населения меняется и степень воздействия человека на окружающую среду. При современном уровне развития производительных сил деятельность человеческого общества сказывается на биосфере в целом.

Масса атмосферы нашей планеты ничтожна – всего лишь одна миллионная часть массы Земли. Однако роль ее в природных процессах биосферы огромна: она определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных воздействий космического и ультрафиолетового излучений. Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них – на режим рек, почвенно-растительный покров, процессы рельефообразования.

Современный состав атмосферы – результат длительного исторического развития земного шара. Состав атмосферы – кислород, азот, аргон, углекислый газ и инертные газы.

По данным ученых, ежегодно в мире в результате деятельности человека в атмосферу поступает 25,5 млрд т оксидов углерода, 190 млн т оксидов серы, 65 млн т оксидов азота, 1,4 млн т фреонов, органические соединения свинца, углеводороды, в том числе канцерогенные, большое количество твердых частиц (пыль, копоть, сажа).

В результате сжигания различного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается около 20 млрд тонн углекислого газа. Антропогенные выбросы углекислого газа превышают естественные и составляют в настоящее время большую долю его количества, нарушают прозрачность атмосферы, а следовательно ее тепловой баланс.

Половина диоксида углерода, образующегося при сгорании ископаемого топлива, поглощается океаном и зелеными растениями, половина остается в воздухе. Содержание углекислого газа в атмосфере постепенно возрастает и за последние 100 лет увеличилось более чем на 10%. Углекислый газ препятствует тепловому излучению в космическое пространство, создавая так называемый "парниковый эффект", т.е. увеличение средней температуры атмосферы на несколько градусов. Это способно вызвать таяние ледников полярных областей, повышение

уровня Мирового океана, изменение его солености, температуры и другие неблагоприятные последствия.

Таким образом, изменение содержания углекислого газа в атмосфере в значительной мере влияет на климат Земли.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, т.к. к простому явлению испарения добавились более сложные процессы, связанные с жизнедеятельностью живых организмов, особенно человека.

При сохранении таких темпов потребления и с учетом прироста населения и объемов производства к 2100 году человечество может исчерпать все запасы пресной воды.

Считается, что с 1600 года человеком было истреблено более 160 видов и подвидов птиц и не менее 100 видов млекопитающих. В длинном списке исчезнувших видов значится тур – дикий бык, живший на территории Европы. В XVIII веке была истреблена описанная русским натуралистом Г.В. Стеллером морская корова – водное млекопитающее, относящееся к разряду сиреневых. Немногим более 100 лет назад исчезла дикая лошадь тарпан, обитавшая на юге России. Многие виды животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках. Такова судьба бизонов, десятками миллионов населявших прерии Северной Америки и зубров, прежде широко распространенных в лесах Европы. На Дальнем Востоке почти полностью истреблен пятнистый олень. Усиленный промысел китообразных привел на грань уничтожения несколько видов китов: серого, гренландского, голубого. На численность животных оказывает влияние и хозяйственная деятельность человека, не связанная с промыслом. Резко сократилась численность уссурийского тигра – в результате освоения территорий в пределах его ареала и сокращения кормовой базы. В Тихом океане ежегодно погибает несколько десятков тысяч дельфинов: в период лова рыбы они попадают в сети и не могут из них выбраться.

Каждый вид занимает определенное место в биоценозе, в цепи питания, и заменить его не может никто. Исчезновения того или иного вида ведет к уменьшению устойчивости биоценозов.

Проблема радиоактивного загрязнения возникла в 1945 году. При ядерном взрыве образуется громадное количество мелкой пыли, которая долго держится в атмосфере и поглощает значительную часть солнечной радиации. Расчеты ученых показывают, что даже при ограниченном, локальном применении ядерного оружия образовавшаяся пыль будет задерживать большую часть солнечного излучения. Наступит длительное похолодание ("ядерная зима"), которое неизбежно приведет к гибели всего живого на Земле.

Экологические проблемы биосферы – это парниковый эффект, истощение озонового слоя, массовое сведение лесов, которое нарушает процесс круговорота кислорода и углерода в биосфере, отходы производства, сельского хозяйства, производство энергии. Все это ведет к глобальному экологическому кризису и требует незамедлительного перехода к рациональному природопользованию.

Охрана окружающей среды и задачи восстановления природных ресурсов должны предусматривать:

- рациональную стратегию борьбы с вредителями, знание и соблюдение агротехнических приемов, дозировку минеральных удобрений, хорошее знание экологических агроценозов и процессов, происходящих в них, а также на их границах с природными системами;
- совершенствование технологии и добычи природных ресурсов;
- максимально полное и комплексное извлечение из месторождения всех полезных компонентов;
- рекультивацию земель после использования месторождений;
- экономичное и безотходное использование сырья в производстве;
- использование природных заменителей дефицитных минеральных соединений;
- замкнутые циклы производства (разработку и применение);
- применение энергосберегающих технологий;
- разработку и использование новых экологически чистых источников энергии.

Охрана природы и рациональное природопользование – проблема комплексная, и ее решение зависит как от последовательного осуществления государственных мероприятий, направленных на сбережение экосистем, так и от расширения научных знаний, которые обществу для собственного благополучия рентабельно и выгодно финансировать.

### Контрольные вопросы

1. Дайте понятие антропоценоза.
2. Что называют географической средой?
3. Как возникновение человека повлияло на биосферу?
4. Кто из ученых ввел понятие ноосфера?
5. В чем суть учения Вернадского о ноосфере?
6. Что изучает экология?
7. Перечислите основные проблемы экологии.
8. Каковы выходы человечества из экологического кризиса?
9. Что понимают под рациональным природопользованием?
10. Каковы перспективы развития человечества в современных экологических условиях?

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. В найденных палеонтологических остатках мамонта содержится 5,25% радиоактивного углерода ( $^{14}\text{C}$ ) от первоначального его количества в живых тканях. Определите геологический возраст мамонта с помощью углеродных часов. Период полураспада  $^{14}\text{C}$  равен 5360 лет.

**Решение:** а) Принимая первоначальное (исходное) количество  $^{14}\text{C}$  в тканях мамонта за 100% (в момент его гибели), нужно узнать, сколько полных периодов полураспада  $^{14}\text{C}$  потребовалось для уменьшения количества  $^{14}\text{C}$  со 100 до 5,25%. Для этого на графике (см. справочные данные [10] рис. 7) нужно найти точки, близкие к заданной (5,25%):

100% – исходное содержание  $^{14}\text{C}$ ,

50% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 1 период полураспада,

25% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 2 периода полураспада,

12,5% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 3 периода полураспада,

6,25% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 4 периода полураспада,

5,25% – заданная величина,

3,125% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 5 периодов полураспада,

До образования остатка  $^{14}\text{C}$  в количестве 5,25% прошло 4 полных периода полураспада, или  $5360 \text{ лет} \cdot 4 = 21400 \text{ лет}$ .

б) Найти разницу между двумя точками, ближайшими к заданной величине:  $6,25\% - 5,25\% = 1\%$  (после истечения четырех периодов полураспада количество  $^{14}\text{C}$  продолжало убывать еще на 1%, но уже в пятом периоде полураспада).

в) Вычислить величину распада 1%  $^{14}\text{C}$  в пятом периоде полураспада, в течение которого  $^{14}\text{C}$  уменьшается наполовину,

$$\text{т.е. } 6,25\% : 2 = 3,125\% - x = 1\% - 5360; \quad x = \frac{1 \cdot 5360}{3 \cdot 125} = 1715 \text{ (лет)}.$$

Это означает, что остатки мамонта пролежали в земле 4 полных периода полураспада  $^{14}\text{C}$  (21440 лет) и еще 1714 лет пятого периода полураспада. (Точность определения не абсолютная, а с допуском ошибки  $\pm 3\%$  от вычисленного возраста (в данном случае – от 22455 до 23855 лет).

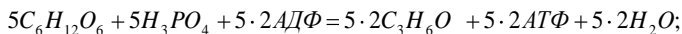
**Ответ:** Этот мамонт жил  $21440 + 1715 = 23155$  (лет) назад, с точностью  $\pm 700$  лет.

2. В процессе диссимиляции произошло расщепление 7 моль глюкозы, из которых полному (кислородному) расщеплению подверглось только 2 моль. Определите:

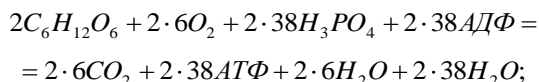
а) сколько молей молочной кислоты и углекислого газа при этом образовано; б) сколько молей АТФ при этом синтезировано; в) сколько энергии и в какой форме аккумулировано в этих молекулах АТФ; г) сколько молей кислорода израсходовано на окисление образовавшейся при этом молочной кислоты.

**Решение:** 1) Из 7 моль глюкозы 2 подверглись полному расщеплению, 5 – неполному ( $7 - 2 = 5$ );

2) составляем уравнение неполного расщепления 5 моль глюкозы:



3) составляем суммарное уравнение полного расщепления 2 моль глюкозы:



4) Суммируем количество АТФ:  $(2 \cdot 38) + (5 \cdot 2) = 86$  моль АТФ; 5) определяем количество энергии в молекулах АТФ:  $86 \cdot 40$  кДж = 3440 кДж.

**Ответ:** а) 10 моль молочной кислоты, 12 моль  $CO_2$ ; б) 86 моль АТФ; в) 3440 кДж, в форме энергии химической связи макроэнергетических связей в молекуле АТФ; г) 12 моль  $O_2$ .

3. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно планктона (водорослей и бактерий), чтобы в Черном море вырос и мог существовать один дельфин массой 400 кг.

**Решение:** Согласно правилу экологической пирамиды каждая предыдущая ступень требует увеличения в 10 раз, поэтому необходимо 400 т планктона (400 т планктона  $\rightarrow$  40 т нехищной рыбы  $\rightarrow$  4 т хищной рыбы  $\rightarrow$  0,4 т дельфина).

4. Как и почему изменится жизнь дубравы в тех случаях, если там: а) вырубил весь кустарник; б) химическим способом уничтожили растительных насекомых?

**Решение:** а) Нет места для гнездования насекомоядных птиц  $\rightarrow$  нарушение цепи питания  $\rightarrow$  гибель деревьев, леса; б) уход насекомоядных птиц  $\rightarrow$  гибель леса.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Дано содержание радиоактивного углерода ( $^{14}\text{C}$ ) в найденных палеонтологических остатках: а) древнего оленя – 12 %; б) древней лошади – 6 %; в) древнего быка – 3 %; г) мамонта – 4,125 %.

Определите по углеродным часам геологический возраст этих животных (см. пример решения 1).

**Ответ:** а) 16500 ( $\pm$  495) лет; б) 21870 ( $\pm$  657) лет; в) 27230 ( $\pm$  816) лет; г) 25085 ( $\pm$  750) лет.

2. В процессе диссимиляции произошло расщепление 17 моль глюкозы, из которых кислородному расщеплению подверглись 3 моль. Определите а, б, в, г как в примере 2.

**Ответ:** а) 28 моль молочной кислоты, 18 моль  $\text{CO}_2$ ; б) 142; в) 5680 кДж; г) 18.

3. В результате диссимиляции в клетках образовалось 5 моль молочной кислоты и 27 моль углекислого газа. Определите а) сколько всего молей глюкозы израсходовано; б) сколько из них подверглось только неполному и сколько полному расщеплению; в) сколько АТФ при этом синтезировано и сколько энергии аккумулировано; г) сколько молей кислорода израсходовано на окисление образовавшейся молочной кислоты.

**Ответ:** а) 7 моль; б) 4,5 моль полному + 2,5 моль неполному; в) 176 моль АТФ, 7040 кДж; г) 27.

4. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 69000. Зная, что относительная молекулярная масса одного нуклеотида 345, а каждый нуклеотид занимает 0,34 нм, определить число нуклеотидов и длину этой ДНК.

**Ответ:** 200, 68 нм.

5. Мышцы ног при беге со средней скоростью за 1 мин расходуют около 24 кДж энергии. Определите:

а) сколько всего граммов глюкозы израсходуют мышцы ног за 25 мин бега, если кислород доставляется кровью к мышцам в достаточном количестве для полного окисления глюкозы; б) накопится ли в мышцах молочная кислота.

**Ответ:** а) Для образования в мышцах 15 моль АТФ должно произойти кислородное расщепление 71 г глюкозы; б) не накопится; при наличии кислорода молочная кислота полностью окисляется и дает максимум энергии.

б. В двух озерах, которые между собой не сообщаются, живут различные виды рыб: карась, плотва, язь, лещ, судак.

Определите: а) сколько популяций рыб живет в первом озере; б) сколько популяций рыб живет во втором озере; в) сколько видов рыб живет в двух озерах; г) сколько популяций рыб живет в двух озерах.

**Ответ:** а) 5; б) 5; в) 5; г) 10.

7. Предположим, одно растение одуванчика занимает на земле площадь  $10 \text{ м}^2$  и дает в год около 100 летучих семян.

а) Сколько квадратных километров площади покроет все потомство одной особи одуванчика через 10 лет при условии, что он размножается беспрепятственно в геометрической прогрессии?

б) Хватит ли этим растениям на 11-й год места на поверхности суши земного шара? (Площадь всей поверхности земного шара, включая и океаны, составляет 510 млн  $\text{км}^2$ , а площадь суши – 148 млн  $\text{км}^2$ .)

в) Покроет ли этот вид (одуванчик) сплошь хотя бы один материк?

г) Какие формы борьбы за существование вызывает большая плодовитость одуванчика и его размножение по геометрической прогрессии?

**Ответ:** а)  $1 \cdot 10^{12} \text{ км}^2$ ; б) нет, потребовалась бы планета в несколько раз больше Земли; в) нет; г) все формы.



## ВОПРОСЫ ДЛЯ РАЗМЫШЛЕНИЯ

1. Что представляет собой самоорганизующаяся система?
2. Какие различают этапы для самоорганизующихся систем?
3. Какие основные положения составляют сущность концепции развития?
4. Что означает системность в описании самоорганизующихся процессов?
5. Что характеризует динамизм самоорганизующихся систем?
6. В чем заключается самоорганизация структурных систем?
7. Какова роль объединения и фракционирования в процессе развития системы?
8. Как влияют фундаментальные взаимодействия на разных уровнях организации материи?
9. Играет ли роль информативность в направлении развития систем?
10. Каково соотношение случайного и закономерного в концепции развития?
11. Что означает точка бифуркации?
12. Почему в результате первичного нуклеосинтеза не могли образоваться химические элементы, наблюдаемые в современной Вселенной?
13. Какова природа реликтового излучения?
14. Можно ли говорить о том, что реликтовое излучение сохранило память о структуре барионного вещества ранней Вселенной?
15. Какие процессы происходят при звездном нуклеосинтезе?
16. Каков механизм образования ядер и атомов тяжелых элементов?
17. Как происходило образование ядер элементов, расположенных после железа в таблице Менделеева?
18. Назовите основные разновидности материи. Какова между ними связь?
19. Что означает «тонкая подстройка» Вселенной?
20. Возможен ли нуклеосинтез при увеличении постоянной Планка более чем на 25%?
21. В чем заключается идея слабого и сильного антропного принципа?
22. Какова структура Вселенной?
23. Сформулируйте закон Хаббла.
24. Какими наблюдениями подтверждается расширение Вселенной?
25. Охарактеризуйте кратко эволюцию Вселенной.
26. Можно ли считать Солнечную систему единственной планетной системой?
27. Какова структура Солнечной системы?

28. Назовите большие планеты Солнечной системы.
29. Какая из планет расположена наиболее близко к Солнцу?
30. Какие из планет земной группы имеют атмосферу?
31. В чём отличия атмосферы Земли от атмосферы других планет?
32. Может ли служить тектоническая активность критерием жизнеспособности планеты?
33. В чём проявляются тектонические процессы на Земле?
34. Назовите основные виды рельефа континентальной части планеты.
35. Где расположены континентальные плиты?
36. Почему среди планет земной группы только Земля является жизнеспособной планетой?
37. Какова природа земного магнетизма?
38. Чем определяются химические свойства вещества?
39. Как объяснялись свойства в процессе эволюции химических знаний?
40. Кто впервые указал на зависимость свойств вещества от их состава?
41. В чём сущность теории Бутлерова?
42. От каких факторов зависит активность химических процессов?
43. Назовите основные направления в развитии учения о составе вещества.
44. Кто сделал первую попытку систематизации химических элементов?
45. Что определяет место химических элементов в периодической системе в соответствии с идеей Д.И. Менделеева?
46. Сколько химических элементов было известно во времена Д.И. Менделеева?
47. Как называются химические соединения постоянного состава?
48. Какое общее название носят химические соединения переменного состава?
49. Чем обуславливается химическая связь элементов в соединениях?
50. Сколько примерно химических соединений известно в настоящее время?
51. Назовите основные химические элементы, входящие в состав физически доступного слоя Земли.
52. Какие химические соединения составляют 97% всей массы земной коры?
53. Сколько металла на каждого жителя производится в мире ежегодно?
54. Почему замена металла керамикой считается перспективной?
55. Как называется искусственный сверхтвёрдый материал и каковы его основные свойства?

56. Каков примерный состав высокотемпературных сверхпроводящих материалов?
57. Какими свойствами обладают кремнийорганические соединения?
58. В чём заключается уникальность фторорганических соединений?
59. Что означает структура молекул согласно современным представлениям?
60. Приведите пример металлоорганических соединений с двухслойной структурой?
61. Какова роль катализа в химических реакциях?
62. Охарактеризуйте плазмохимический процесс.
63. Что представляет собой процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза?
64. Каковы основные задачи современной химии?
65. В каком случае при наличии токсичных веществ можно утверждать о реальной опасности?
66. Что является предметом изучения биологии?
67. Какие основные признаки учитывались в первых схемах классификации растений и животных?
68. В чём заключается сущность материалистической теории эволюции Дарвина?
69. Какую роль играет наследственность в развитии живой природы?
70. Как влияет изменчивость на живые организмы?
71. Приведите примеры действия естественного отбора в современном животном мире.
72. Назовите основные современные методы исследования биологических объектов на молекулярном уровне.
73. Какой метод позволил расшифровать молекулярную организацию живой клетки?
74. Назовите некоторые важные достижения биологии второй половины XX столетия.
75. Что представляют собой первоначальный и высший уровни организации материи?
76. Каковы основные положения концепции структурных уровней живых организмов?
77. Дайте краткую характеристику структурных уровней материи.
78. Какова точка зрения В. И. Вернадского о переходе от неорганического вещества к простейшей жизни?
79. Что представляли собой древнейшие организмы, обнаруженные в Западной Австралии?

80. Какое необходимое условие способствовало возникновению жизни на Земле?

81. Начиная с какого времени и за какой примерно период насыщенность атмосферы кислородом достигла современного уровня?

82. Каковы современные естественно-научные представления о сущности жизни?

83. Какое органическое соединение было впервые синтезировано из обычных химических элементов?

84. Что является материальными носителями биохимической реакции?

85. Назовите три этапа перехода от неживого к живому.

86. В чём заключается сущность системного подхода А.И. Опарина в объяснении происхождения жизни на Земле?

87. Каков механизм образования органических веществ?

88. Какими свойствами характеризовалась атмосфера ранней Земли?

89. Образование какого химического соединения предшествовало появлению носителей живых организмов?

90. В какой форме, характерной для самоорганизации вещества, произошел переход к простейшей клетке?

91. Благодаря каким основополагающим жизненным системам произошел переход от неживого к живому?

92. Зависит ли физико-химическая природа основополагающих жизненных систем от степени их сложности?

93. Какие процессы в организме происходят в результате обмена веществ?

94. Каково назначение белков в организме?

95. Чем определяется разнообразие белков?

96. Для чего служит система воспроизводства в живых организмах?

97. Какую функцию выполняет молекула ДНК?

98. Как осуществляется процесс воспроизведения информации, хранимой в ДНК?

99. Кто и когда раскрыл структуру носителя наследственности?

100. В чем заключается с позиции физики отличительная особенность органических соединений, порожденных жизнью?

101. Как с точки зрения самоорганизации вещества мог произойти переход от рацемата к хиральности?

102. Что является предметом исследования генной инженерии?

103. Охарактеризуйте структуру молекулы ДНК?

104. Назовите основные достижения генной инженерии.

105. Что означает утверждение: наследственный аппарат не стареет?

106. Чем характеризуется индивидуальная последовательность ДНК в геноме человека?

107. Можно ли с помощью анализа структуры генома провести идентификацию личности?
108. Что дает генная инженерия для криминалистики?
109. Каковы основные этапы в развитии биосферы?
110. Что является вершиной развития биосферы?
111. В чем проявляется синтез классического дарвинизма с новейшими достижениями генетики?
112. Назовите один из определяющих факторов направленной биологической эволюции.
113. Какова специфика человека как феномена природы?
114. Дайте краткую характеристику трансформации биосферы в ноосферу.

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Мои представления о самоорганизации процессов в природе.
2. Естественно-научная концепция развития и эволюция Вселенной.
3. Этапы образования и развития Вселенной.
4. Информативность – важное свойство самоорганизации.
5. Нуклеосинтез в начальной фазе развития Вселенной.
6. Звездный нуклеосинтез.
7. Разновидности материи и Вселенная.
8. Структура Вселенной.
9. Солнечная система.
10. Планеты земной группы.
11. Жизнеспособность Земли.
12. Тектоническая активность Земли.
13. Гидросфера и атмосфера Земли.
14. Современный этап развития биологии.
15. Материалистическая теория эволюции Дарвина и современная генетика.
16. Современное представление о наследственности и изменчивости.
17. Важнейшие достижения биологии последних десятилетий.
18. Структурные уровни неживой и живой природы.
19. Современные представления о возникновении жизни на Земле.
20. Уникальность биосферы Земли.
21. Существовала ли биосфера на других планетах Солнечной системы?
22. Основополагающие жизненные системы.
23. Носители наследственности.
24. Достижения генной инженерии.
25. Практические приложения генной инженерии.
26. Эволюционный характер развития биосферы.
27. Трансформация биосферы в ноосферу.

## СЛОВАРЬ ВАЖНЕЙШИХ ТЕРМИНОВ

*Автокатализ* – химические реакции, в которых для синтеза определенного вещества требуется присутствие этого же вещества, которое, ускоряя химическую реакцию, играет роль катализатора.

*Адсорбция* – поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела (адсорбента) или жидкости.

*Анализ* – познавательная процедура мысленного (или реального) расчленения, разложения объекта на составные элементы в целях выявления их системных свойств и отношений. Анализ тесно связан с противоположным по направлению методом – синтезом.

*Антропогенез* (от греч. *anthropos* – человек и греч. *genesis* – происхождение) – учение о происхождении человека.

*Антропогенетика* – генетика человека.

*Антропология* (от греч. *anthropos* – человек и гр. *logos* – понятие, мысль, разум, учение) – наука о происхождении и эволюции человека и его рас.

*Антропоиды* (от греч. *anthropoeides* – человекообразный) – человекообразные обезьяны.

*Атом* – структурный элемент микромира, состоящий из ядра и электронной оболочки.

*Бактерии* (от греч. *bakterion* – палочка) – микроскопические, преимущественно одноклеточные организмы.

*Белки* – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из аминокислот и составляющие основу жизнедеятельности всех организмов.

*Биология* (от греч. *bios* – жизнь и *logos* – учение) – совокупность наук о живой природе.

*Биосфера* (от греч. *bios* – жизнь и *sphaîra* – шар) – область активной жизни, в которой живые организмы и среда их обитания органически взаимосвязаны и образуют целостную динамическую систему.

*Близкодействие* – передача взаимодействия от тела к телу, от точки к точке с конечной скоростью.

*Вакуум* (от лат. *vacuum* – пустота) – особое состояние электромагнитного поля при отсутствии возбуждения.

*Вирус* (от лат. *virus* – яд) – мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки. Резко отличаются от других форм жизни, являются внутриклеточным паразитом.

*Гелиоцентризм* – теория, согласно которой Солнце является центральным телом Солнечной системы, вокруг которого обращаются планеты.

*Ген* (от греч. *genes* – рождающий) – наследственный фактор живого, функционально неделимая единица наследственной информации. По химическому составу гены относятся к нуклеиновым кислотам (ДНК и РНК). Совокупность генов данного организма составляет его *генотип*.

*Генезис* (от греч. *genesis* – происхождение, возникновение) – процесс образования и становления какого-либо природного или социального явления.

*Геном* – совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данной животной или растительной клетки.

*Географическая среда* – земная природа, включенная в сферу человеческой деятельности.

*Геоцентризм* – теория, указывающая на центральное положение Земли во Вселенной (например теория Аристотеля – Птолемея).

*Гравитационный коллапс* – катастрофическое сжатие массивной звезды под действием сил тяготения после исчерпания в ее недрах источников ядерной энергии. Ведет к образованию пульсара, или “черной дыры”.

*Гравитон* – гипотетическая частица гравитационного поля, движущаяся со скоростью света и не имеющая массы покоя (введена для объяснения гравитационного взаимодействия).

*Дальнодействие* – представление, согласно которому действие тел друг на друга передается мгновенно через пустоту на сколь угодно большие расстояния.

*Дискретность* (от лат. *discretus* – разделенный, прерывистый) – прерывность; противопоставляется непрерывности.

*Диссипативные структуры* (от лат. “диссипацио” – рассеивание) – новые структуры, требующие для своего становления большого количества энергии.

*Дифракция* (от лат. *diffracus* – разломанный) – отклонения волн, возникающие при их распространении в неоднородных средах.

*Длина волны* – расстояние от гребня одной волны до гребня следующей. Волны разной длины соответствуют различным цветам. Длина волны красного цвета 0,00008 см, фиолетового – 0,00004 см. Длина волны мала для световых волн и велика для электромагнитных волн.

*Допплера эффект* – если объект приближается к нам, то частота колебаний исходящих от него волн возрастает, и наоборот.

*Изотропность* (от изо... и греч. *tropos* – поворот, направление) – независимость свойств физических объектов от направления; например изотропность пространства.

*Инвариантность* (от лат. *invariants* – неизменяющийся) – неизменность какой-либо величины при изменении физических условий или преобразований координат.



*Интерференция* – чередование темных и светлых полос спектра при наложении волн в противоположных фазах.

*Катализатор* – вещество, которое влияет на химическую реакцию, оставаясь в итоге неизменным.

*Квазар* – квазизвездный источник энергии, предположительно являющийся протоядром новых галактик. Возможно, представляет собой особую точку Вселенной, в которой сохранилось сверхплотное вещество.

*Квант* – понятие, введенное М. Планком для обозначения элементарной дискретной порции энергии.

*Кварк* – теоретически вычисленная элементарная частица с дробным электрическим зарядом.

*Клетка* – элементарная живая система, основа строения и жизнедеятельности всех живых организмов.

*Континуум* – непрерывное, связанное, целостное единство точек, чисел или физических величин.

*Концепция* (от лат. *conceptio* – понимание, система) – определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений; система взглядов, объясняющих их.

*Корпускула* (от лат. *corpusculum* – частица) – частица в классической (неквантовой) физике.

*Космогония* – (от греч. *kosmogonia*) – учение о происхождении и эволюции космических тел и их систем.

*Космология* – учение о Вселенной как целом, основанное на исследовании той ее части, которая доступна для астрономических наблюдений и других способов ее изучения.

*Космос* – (от греч. *kosmos*) – синоним астрономического определения Вселенной. Выделяют так называемый ближний Космос, исследуемый с помощью космических аппаратов и межпланетных станций, и дальний Космос – мир звезд и галактик.

*Мультиплеты* – группы частиц, возникающих при сильных взаимодействиях.

*Нейтрон* – электрически нейтральная частица, входящая в состав ядра атома.

*Нейтронные звезды* – небесные тела, возникающие в результате того, что оголенные ядра поглощают электроны, превращая свои протоны в нейтроны, которые могут компактно упаковываться, так как нейтральны.

*Ноосфера* – сфера разума, область активного проявления научной мысли как главного фактора воздействия человека на окружающий мир.

*Нуклеиновые кислоты* – носители генетической информации в живых телах.

*Органические вещества* – главный субстрат живых тел, без которого жизнь была бы невозможна.

*Пи-мезоны* – элементарные частицы, с помощью которых осуществляется взаимодействие между частицами, входящими в состав ядер атомов.

*Популяция* – группа организмов, принадлежащих к одному и тому же виду и занимающих обычно четко ограниченную географическую область.

*Прокариоты* (от лат. *pro* – вперед и греч. *karyon* – ядро) – организмы, не обладающие оформленным клеточным ядром и типичным хромосомным аппаратом. К прокариотам относятся бактерии, сине-зеленые водоросли, риккетсии, микоплазмы.

*Пространственно – временной континуум* – целостное, непрерывное единство пространственных и временных координат.

*Протон* – положительно заряженная частица, входящая в состав ядра атома.

*Пульсар* – космический объект, за доли секунды меняющий свое излучение.

*Симметрия* (греч. соразмерность) – правильность формы или неизменность законов.

*Техносфера* – сфера воздействия техники на природу, весь окружающий человека мир.

*Фотон* – элементарный квант света.

*Эволюция* (от лат. *evolution* – развертывание) – одна из форм движения в природе и обществе; непрерывное, постепенное изменение и развитие. Представление об эволюции всех форм неживой и живой материи выражается в понятии “универсальный (или глобальный) эволюционизм”.

*Экосистема* – устойчивая природная система, образованная живыми организмами и средой их обитания (атмосфера, почва, водоем и т.п.). Характеризуется замкнутым круговоротом веществ и энергии между живыми и неживыми компонентами.

*Электрон* – отрицательно заряженная частица.

*Эукариоты* (от греч. *eu* – хорошо, полностью и *karyon* – ядро) – организмы (все животные, большинство растений), обладающие в отличие от прокариотов оформленным клеточным ядром, отграниченным от цитоплазм ядерной оболочкой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Вернадский В. И.* Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988.

*Гилева Т. В., Вриц А. Э.* Сборник задач по общей биологии. – Владивосток, 1998.

*Гиренок Ф. И.* Экология, цивилизация, ноосфера. – М.: Наука, 1987.

*Горелов А. А.* Концепция современного естествознания. – М., 1997.

*Гумилев Л. Н.* Этногенез и биосфера Земли. – М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994.

*Дубнищева Т. Я.* Концепции современного естествознания. – Новосибирск: ЮКЭА, 1997.

*Казначеев В. П.* Учение В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере. – Новосибирск: Наука, 1989.

*Карпенков С. Х.* Концепции современного естествознания. – М.: ЮНИТИ, 1998.

*Моисеев Н. Н.* Человек и биосфера. – М.: Молодая гвардия, 1985.

*Моисеев Я. Я.* Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990.

*Муртазин Г. М.* Задачи и упражнения по общей биологии. – М.: Просвещение, 1984.

*Небел Б.* Наука об окружающей среде: Как устроен мир: В 2 т. – М.: Мир, 1993.

*Общая биология: Справочные материалы / Сост. В.В. Захаров.* – М.: Издательский дом "Дрофа", 1995.

*Федоров Н. Ф.* Сочинения. – М.: Мысль, 1982.

*Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, 1988.

*Циолковский К. Э.* Грезы о Земле и небе. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1986.

*Циолковский К. Э.* Очерки о Вселенной. – М.: Паимс, 1992.

*Чижевский А. Л.* Земное эхо солнечных бурь. 2-е изд. – М.: Мысль, 1976.

*Чижевский А. Ё.* Космический пульс жизни. – М.: Мысль, 1995.

*Чижевский А. Ё.* Физические факторы исторического процесса. – Калуга, 1924. (Репринт. изд., 1994).

*Экологические уроки прошлого и современность.* – Л.: Наука, 1991.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Тема 1. Химия жизни.....	4
Тема 2. Земля – планета жизни.....	12
Тема 3. Биохимическая эволюция .....	21
Тема 4. Биосфера Земли .....	28
Тема 5. Системы управления в биологии .....	36
Тема 6. Человек и биосфера.....	45
Примеры решения задач .....	53
Задачи для самостоятельного решения.....	55
Вопросы для размышления.....	57
Темы рефератов .....	62
Словарь важнейших терминов .....	63
Список литературы.....	67

Учебное издание

Родкина Людмила Романовна  
Шмакова Елена Эдуардовна

### ПРАКТИКУМ ПО КОНЦЕПЦИЯМ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Часть 2. Происхождение жизни

Редактор С.Г. Масленникова  
Корректор Л.З. Анипко  
Компьютерная верстка А.С. Головченко

Лицензия на издательскую деятельность ИД № 03816 от 22.01.2001

Подписано в печать 29.05.2003. Формат 60×84/16. Бумага типографская.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,95 Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 150 экз. Заказ

---

Издательство Владивостокского государственного  
университета экономики и сервиса  
690600, Владивосток, ул. Гоголя, 41  
Отпечатано в типографии ВГУЭС  
690600, Владивосток, ул. Державина, 57

