

ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

С. Г. МАМОНТОВ, В. Б. ЗАХАРОВ, Т. А. КОЗЛОВА

БИОЛОГИЯ

Под редакцией академика РАЕН,
профессора С. Г. Мамонтова

Допущено

*Министерством образования и науки Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям «География» и «Экология»*

3-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2008

УДК 57(075.8)
ББК 28.0я73
М226

Рецензенты:

зав. кафедрой эмбриологии МГУ им. М. В. Ломоносова доктор биологических наук, заслуженный профессор МГУ *В. А. Голиченков*;
заслуженный деятель науки РФ, академик Международной академии наук (Мюнхен), академик Российской академии медицинских наук, профессор *Ю. А. Романов*;
заслуженный деятель науки РФ, академик Российской академии медицинских наук, профессор *Н. А. Агаджанян*

Мамонтов С. Г.

М226 Биология : учебник для студ. высш. учеб. заведений / С. Г. Мамонтов, В. Б. Захаров, Т. А. Козлова; под ред. С. Г. Мамонтова. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 576 с., [8] с. цв. ил. : ил.

ISBN 978-5-7695-5591-6

В учебнике даны представления о структуре живой материи и наиболее общих ее законах, изложены вопросы о многообразии жизни и истории ее развития на Земле. Материал книги разделен на две части: описание явлений и закономерностей, свойственных всему живому; характеристика основных царств живой природы (бактерий, грибов, растений и животных).

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «География» и «Экология».

УДК 57(075.8)
ББК 28.0я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Мамонтов С. Г., Захаров В. Б., Козлова Т. А., 2006
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2006
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2006

ISBN 978-5-7695-5591-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наше время характеризуется чрезвычайно возросшей взаимозависимостью людей. Жизнь человека, его здоровье, условия его труда и быта почти целиком зависят от правильности решений, принимаемых очень многими людьми. В свою очередь, деятельность отдельного человека также влияет на судьбу многих. Именно поэтому очень важно, чтобы наука о жизни стала неотъемлемой составной частью мировоззрения каждого человека независимо от его специальности. Инженеру-строителю, инженеру-технологу, инженеру-мелиоратору знание биологии необходимо так же, как врачу или агроному, ибо только в этом случае они будут осознавать последствия своей производственной деятельности для природы и человека.

Цель учебника — дать представление о структуре живой материи, наиболее общих ее законах, познакомить с многообразием жизни и историей ее развития на Земле. В соответствии с этим материал книги разделен на две части: описание явлений и закономерностей, свойственных всему живому; характеристика четырех царств живой природы (бактерий, грибов, растений и животных). Особое внимание уделено анализу взаимоотношений между организмами и условиями устойчивости экологических систем. Большое место отведено изложению общебиологических закономерностей как наиболее трудных для понимания.

Круг вопросов, с которыми вы познакомитесь при чтении учебника, довольно широк. Однако не все вопросы достаточно подробно освещены, поскольку сложность и многообразие жизни столь велики, что одни ее явления мы только начинаем понимать, а другие еще ждут изучения. В учебнике затронуты лишь самые важные вопросы организации живых

систем, их функционирования и развития. Из-за ограниченности объема в книгу не включен раздел по биологии человека. Ввиду уникальности человека как биологического вида и социального существа и вследствие выхода его на совершенно новый уровень организации требуется специальное рассмотрение этого вопроса. Вместе с тем в учебнике приводятся примеры, характеризующие подчиненность человека всем известным биологическим законам.

Авторы выражают благодарность заслуженному профессору МГУ В.А.Голиченкову, академику РАМН, профессору Н.А.Агаджаняну и академику РАМН и МАН, профессору Ю.А.Романову за просмотр рукописи и ценные замечания по ее содержанию и структуре, а также Е.Т.Захаровой за подготовку рукописи к печати.

ВВЕДЕНИЕ

Биология — наука о жизни. Ее название возникло из сочетания двух греческих слов: «*bios*» (жизнь) и «*logos*» (слово, учение). Биология изучает строение, проявления жизнедеятельности, среду обитания всех живых организмов: бактерий (прокариот), грибов, растений и животных (эукариот).

Живое на Земле представлено необычайным разнообразием форм, множеством видов живых существ. В настоящее время уже известно около 500 тыс. видов растений, грибов и прокариот, более 1130 тыс. видов животных, населяющих нашу планету. Ученые постоянно обнаруживают и описывают все новые виды как существующие в современных условиях, так и вымершие в минувшие геологические эпохи.

Раскрытие общих свойств живых организмов и объяснение причин их многообразия, выявление связей между строением и условиями окружающей среды — основные задачи биологии. Важное место в биологии занимают вопросы возникновения и законы развития жизни на Земле — эволюционное учение. Понимание этих законов — не только основа научного мировоззрения, но и необходимость для решения практических задач.

Биологию подразделяют на отдельные науки по предмету изучения. Так, *микробиология* изучает мир бактерий, *ботаника* исследует строение и жизнедеятельность растений, *зоология* — строение и жизнедеятельность животных и т.д. Вместе с тем выделились и развиваются области биологии, изучающие общие свойства живых организмов: закономерности наследования признаков (*генетика*), пути превращения органических веществ (*биохимия*), взаимоотношения популяций с окружающей средой (*экология*). Функции живых организмов исследует *физиология*.

В соответствии с уровнем организации живой материи выделились такие научные дисциплины, как *молекулярная биология*, *цитология* — учение о клетке, *гистология* — учение о тканях и т.д.

Биология использует самые разные методы. Один из них — *исторический*, служащий основой осмысления получаемых фактов. К традиционным, но сохранившим свое значение относятся *описательный* и *биометрический* методы, метод *наблюдения*. Широко

применяются инструментальные методы: *микроскопия* (светооптическая и электронная), *электрография*, *радиолокация* и др.

В самых разных областях биологии все большее значение приобретают пограничные дисциплины, связывающие биологию с другими науками — физикой, химией, математикой, кибернетикой и т. д. Так появилась биофизика, биохимия, бионика.

Возникновение жизни и функционирование живых организмов обусловлены естественными законами. Познание этих законов позволяет не только составить научную картину мира, но и использовать их для практических целей.

Достижения биологии последнего времени привели к возникновению принципиально новых направлений в науке, ставших самостоятельными разделами в комплексе биологических дисциплин. Так, раскрытие молекулярного строения структурных единиц наследственности (генов) послужило основой для создания генной инженерии — комплекса приемов, с помощью которых создают организмы с новыми комбинациями наследственных признаков и свойств, в том числе с не встречающимися в природе. Практическое применение достижений современной биологии уже в настоящее время позволяет получать промышленным путем значительные количества биологически активных веществ.

На основе изучения взаимоотношений организмов созданы биологические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, многие приспособления живых организмов послужили моделями для конструирования эффективных искусственных сооружений и механизмов. В то же время незнание или игнорирование законов биологии приводят к тяжелым последствиям как для природы, так и для человека. Настало время, когда от поведения каждого из нас зависит сохранение окружающего мира. Хорошо отрегулировать двигатель автомобиля, предотвратить сброс ядовитых отходов в реку, предусмотреть в проекте гидроэлектростанции обводные каналы для рыбы, не сломать деревце или куст, удержаться от желания собрать букет полевых цветов — все это позволит сохранить окружающую среду, среду нашей жизни для будущих поколений.

Исключительная способность живой природы к восстановлению создала иллюзию ее неуязвимости к разрушительным действиям человека, безграничности ее ресурсов. Вся хозяйственная деятельность человека сейчас должна строиться с учетом принципов организации биосферы.

Значение биологии для человека огромно. Общебиологические закономерности используются при решении самых разных вопросов во многих отраслях народного хозяйства. Благодаря знанию законов наследственности и изменчивости достигнуты большие успехи в сельском хозяйстве при создании новых высокопродуктивных пород домашних животных и сортов культурных растений.

Ученые вывели сотни сортов зерновых, бобовых, масличных и других культур, отличающихся от своих предшественников более высокой продуктивностью и другими полезными качествами. На основе знаний генетики проводится селекция микроорганизмов, продуцирующих антибиотики.

Большое внимание в биологии уделяется решению проблем, связанных с выяснением тонких механизмов биосинтеза белка, раскрытием тайн фотосинтеза, которые откроют путь к синтезу органических пищевых веществ вне растительных и животных организмов. Кроме того, использование в промышленности (в строительстве, при создании новых машин и механизмов) принципов организации живых существ (бионика) дает в настоящее время и даст в будущем значительный экономический эффект.

В дальнейшем практическое значение биологии еще больше возрастет. Это связано с быстрыми темпами роста населения планеты, а также с постоянно возрастающей численностью городского населения, непосредственно не участвующего в сельскохозяйственном производстве. В такой ситуации основой увеличения пищевых ресурсов может стать лишь интенсификация сельского хозяйства. Важную роль в этом процессе будут играть выведение новых высокопродуктивных форм микроорганизмов, растений и животных, рациональное, научно обоснованное использование природных богатств.

ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Раздел I. ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ОРГАНИЗАЦИЯ

АНТИЧНЫЕ И СРЕДНЕВЕКОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СУЩНОСТИ И ПРОИСХОЖДЕНИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

На протяжении всей истории человечества вопрос о происхождении жизни имел не только познавательный интерес, но и огромное значение для формирования мировоззрения. Возникновение живых существ — одна из центральных проблем естествознания.

На заре цивилизации и в античную эпоху бытовали стихийно-материалистические взгляды на происхождение и сущность жизни. Древние философы за первооснову жизни принимали факторы неживой природы: огонь, воду, воздух и др. Очень часто неспособность людей объяснить естественные явления природы приводила к ее обожествлению.

Римский поэт Лукреций, живший в I в. до н.э., писал, что люди поклоняются божеству, ибо «много видят явлений они на земле и на небе, нередко коих причины никак усмотреть и понять не умеют, и полагают, что все это божьим велением творится». Он считал, что у природы нет загадок, каких не в силах был бы решить человеческий ум, что «за основание тут мы берем положение такое: из ничего не творится ничто по божественной воле».

С тех пор прошло более 2 тыс. лет и человек накопил огромные знания об окружающем мире, научился использовать его законы для своих целей, сумел оторваться от Земли и подняться в воздух, а затем выйти в Космос. Однако путь этот был непростым.

Одни ученые возникновение жизни связывали с творческим актом духовного начала — Бога, другие утверждали о возможности самозарождения жизни. Думали, например, что мыши и насекомые сами собой образуются из земли или гниющих нечистот.

С распространением христианской религии возникла точка зрения, основанная на мифах и легендах, созданных народами Передней Азии более 2 тыс. лет назад и нашедших отражение в древнееврейской Библии: все живое создано Творцом и остается неизменным — теория креационизма (от лат. *creator* — творец). Такие представления возникли не случайно.

С древнейших времен в течение длительного времени благодаря плодородию почв и мягкому климату основным центром цивилизации оставался бассейн Средиземного моря с прилегающими к нему странами Европы, Азии и Африки. Другие очаги культуры Древнего мира были отделены от средиземноморского большим расстоянием. Редкие путешествия в далекие края — восточную и южную часть Африки, Индию, Тибет, Китай и другие страны подчас порождали о них фантастические представления. Торговля была ограничена Европой и прибрежными государствами Азии, животный и растительный мир которых был хорошо известен. На памяти людей не происходило каких-либо крупных геологических или климатических преобразований, изменений фауны и флоры. Все это нашло отражение во взглядах людей того времени и послужило источником формирования религиозных догматов. Однако уже в эпоху Возрождения с развитием мореплавания и при большей свободе для развития наук и культуры возникают сомнения в истинности церковных догматов. Особенно бурного развития естествознание достигло в конце XVIII — XIX вв.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Мир живой природы представляет собой совокупность биологических систем разного уровня организации и различной соподчиненности. Эти системы находятся в непрерывном взаимодействии и им независимо от уровня организации присущи общие черты.

Прежде чем рассматривать конкретные процессы, приведшие к возникновению жизни, необходимо ознакомиться со свойствами *живых систем* (от греч. *systema* — целое, состоящее из взаимосвязанных частей), с тем чтобы лучше понять пути и механизмы их возникновения.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ

Выделяют несколько уровней организации живой материи.

1. **Молекулярный.** Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, проявляется на уровне функционирования

биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и др.

2. Клеточный. Клетка — структурная и функциональная единица, а также единица размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Неклеточных форм жизни нет, а

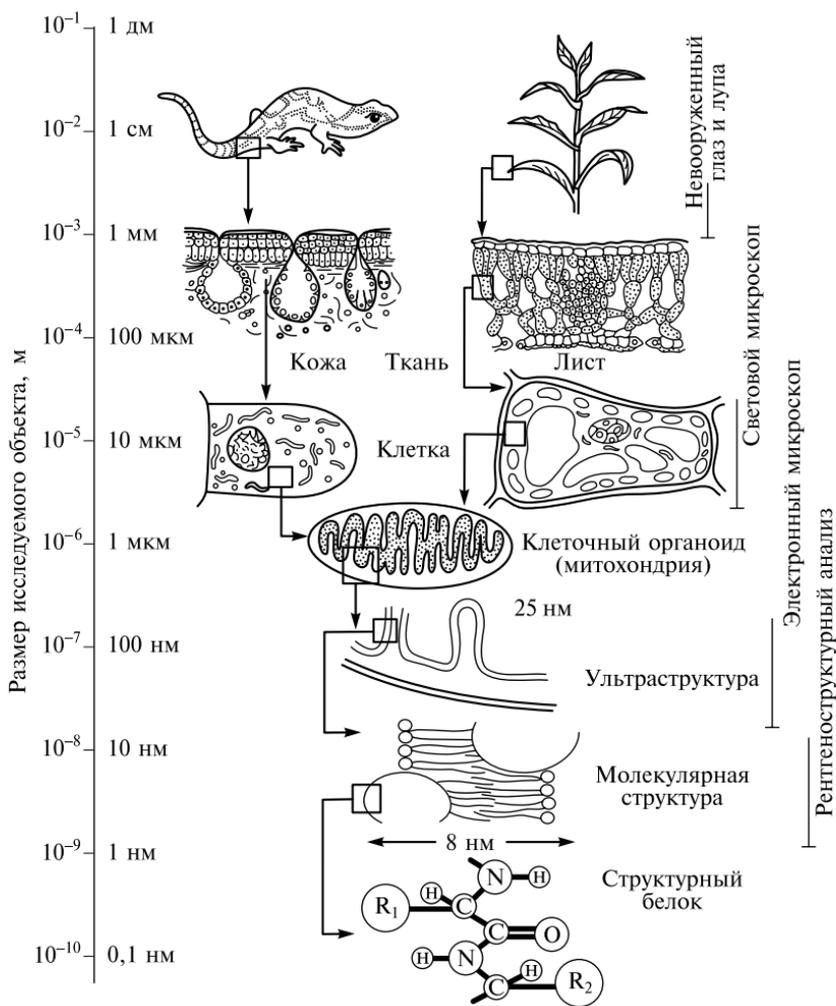


Рис. 1. Уровни организации живой материи (на примере отдельного организма). Организм построен по принципу иерархии структур, так же как вся живая природа

существование вирусов лишь подтверждает это правило, так как они могут проявлять свойства живых систем только в клетках.

3. **Тканевой.** Ткань представляет собой совокупность сходных по строению клеток, объединенных выполнением общей функции.

4. **Органный.** У большинства животных орган — это структурно-функциональное объединение нескольких типов тканей. Например, кожа человека как орган включает эпителий и соединительную ткань, которые вместе выполняют целый ряд функций, среди которых наиболее значительная — защитная.

5. **Организменный.** Многоклеточный организм представляет собой целостную систему органов, специализированных для выполнения различных функций.

6. **Популяционно-видовой.** Совокупность организмов одного и того же вида, объединенных общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка. В этой системе осуществляются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

7. **Биогеоценотический.** Биогеоценоз — совокупность организмов разных видов и различной сложности организации и всех факторов среды обитания.

8. **Биосферный.** Биосфера — самый высокий уровень организации живой материи на нашей планете, включающая все живое на Земле.

Таким образом, живая природа представляет собой сложно организованную иерархическую систему (рис. 1).

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИВЫХ СИСТЕМ

Составные части организма — клетки, ткани и органы — в сумме еще не представляют собой целостный организм. Лишь соединение их в порядке, исторически сложившемся в процессе эволюции, и их взаимодействие образуют целостную систему — организм с присущими ему свойствами.

1. **Особенности химического состава.** В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в объекты неживой природы, однако соотношение различных элементов в живом и неживом неодинаково. Элементный состав неживой природы наряду с кислородом представлен в основном кремнием, железом, магнием, алюминием и т. д. В живых организмах 98 % химического состава приходится на четыре элемента: *углерод, кислород, азот и водород*. Кроме того, органические соединения редко встречаются в неживой природе, а все живые организмы построены в основном из четырех крупных групп сложных органических молекул — биологических полимеров: *нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов*, а также *липидов*.

2. Обмен веществ. Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой, поглощая из нее необходимые вещества и выделяя продукты жизнедеятельности. Одна сторона обмена заключается в том, что вещества из окружающей среды вследствие ряда сложных химических превращений уподобляются органическим веществам живого организма и из них строится его тело. Другая сторона обмена веществ проявляется в том, что сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза.

Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и, как следствие, постоянство их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, т.е. обеспечивает *гомеостаз*.

В неживой природе также существует обмен веществами. Однако при небиологическом круговороте веществ они просто переносятся с одного места на другое или меняется их агрегатное состояние, например смыв почвы, превращение воды в пар или лед. Некоторые газы, соединяясь с водой, образуют кислоты ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$; $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$), которые в почве превращаются в соли (CaCO_3 , KNO_3 и др.).

3. Самовоспроизведение, или репродукция (от лат. *re* — возобновление и *productio* — производство). При размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей: кошки воспроизводят котят, собаки — щенят, из семян одуванчика вновь вырастает одуванчик. Таким образом, *размножение — это свойство организмов воспроизводить себе подобных*.

В основе самовоспроизведения лежит образование новых молекул и структур на основе информации, заложенной в ДНК. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки, органоиды клеток (митохондрии, пластиды и др.) после деления сходны со своими предшественниками. Из одной молекулы ДНК при ее удвоении образуются две дочерние молекулы, полностью повторяющие исходную. Следовательно, самовоспроизведение — одно из основных свойств живого — тесно связано с явлением наследственности.

4. Наследственность. Это свойство заключается в способности организмов обеспечивать передачу признаков, свойств, особенностей развития из поколения в поколение. Наследственность реализуется в *наследовании*, т.е. в передаче признаков потомству, что обуславливает преемственность поколений.

5. Изменчивость. В основе способности организмов приобретать новые признаки и свойства лежит изменение молекул ДНК. Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора. Таким образом, *в эволюции биосферы происходит непрерывное и необратимое создание новой информации*.

6. Развитие и рост. Способность к развитию — всеобщее свойство материи. Под развитием понимают необратимое направленное закономерное изменение объектов живой и неживой природы. В результате развития возникает новое качественное состояние биологической системы. Развитие живой формы существования материи представлено *индивидуальным развитием* организмов, т. е. их *онтогенезом*, и *историческим развитием* видов, или *филогенезом*.

Развитие сопровождается ростом. В процессе развития постепенно и последовательно возникает специфическая структурная организация индивида, а увеличение его массы обусловлено репродукцией макромолекул, элементарных структур клеток и самих клеток.

Филогенез, или эволюция в целом, — это необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождающееся образованием новых видов и прогрессивным усложнением жизни. Результатом эволюции является все многообразие живых организмов на Земле.

7. Раздражимость. Любой организм неразрывно связан с окружающей средой: извлекает из нее необходимые вещества, подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды, вступает во взаимодействие с другими организмами и т. д. В процессе эволюции у живых организмов выработалось и закрепилось свойство избирательно реагировать на внешние воздействия. Это свойство носит название *раздражимости*. Всякое изменение окружающих организм условий среды представляет собой по отношению к нему раздражение, а реакция организма на внешние раздражители служит показателем его чувствительности и проявлением раздражимости.

8. Дискретность (от лат. *discretus* — прерывистый, разделенный). Дискретность — всеобщее свойство материи. Так, известно, что каждый атом состоит из элементарных частиц, атомы образуют молекулу, простые молекулы входят в состав сложных соединений и т. д. Жизнь на Земле также проявляется в виде дискретных форм. Это означает, что отдельный организм или иная биологическая система (вид, биогеоценоз и др.) состоит из обособленных или отграниченных в пространстве, но тем не менее тесно связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно-функциональное единство. Например, любой вид организмов включает отдельные особи. Тело высокоорганизованной особи включает пространственно отграниченные органы, которые в свою очередь состоят из отдельных тканей и клеток. Энергетический аппарат клетки представлен отдельными митохондриями, аппарат синтеза белка — рибосомами и так далее вплоть до макромолекул, каждая из которых может выполнять функцию лишь будучи пространственно изолированной от других. *Дискретность строения организма — основа его структурной упорядоченно-*

сти. Она создает возможность постоянного самообновления его путем замены «износившихся» структурных элементов (молекул, ферментов, органоидов клетки, целых клеток) без прекращения выполняемой функции. Дискретность вида предопределяет возможность его эволюции через гибель или устранение от размножения неприспособленных особей и сохранения индивидов с полезными для выживания признаками.

9. Целостность. Взаимозависимость частей обеспечивает структурное единство и выполнение определенной функции.

10. Саморегуляция (авторегуляция). Это способность живых организмов, обитающих в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность физиологических процессов. При этом недостаток поступления каких-либо питательных веществ извне мобилизует внутренние ресурсы организма, а избыток вызывает прекращение синтеза этих веществ. Например, снижение концентрации АТФ — универсального аккумулятора энергии в клетке — служит сигналом, запускающим процесс ее синтеза. Наоборот, вследствие восполнения запаса АТФ прекращается синтез этого вещества. Уменьшение числа клеток в ткани (например, в результате травм) вызывает усиленное размножение оставшихся клеток; восстановление же нормального количества клеток дает сигнал о прекращении интенсивного клеточного деления.

11. Ритмичность. В живой и неживой природе повсюду распространены колебательные процессы. Океанские приливы и отливы, смена дня и ночи, фаз Луны, чередование времен года, периодическое увеличение солнечной активности, цикличность геологических процессов, в том числе периодическая смена суши морем и моря сушей — все это разные формы колебательных процессов. Периодические изменения в окружающей среде глубоко влияют на живую природу и на собственные ритмы живых организмов.

В биологии под ритмичностью понимают периодические изменения интенсивности физиологических функций с различными периодами колебаний (от нескольких секунд до года и столетия). Хорошо известны суточные ритмы сна и бодрствования у человека, сезонные ритмы активности и спячки у некоторых животных (лягушки, змеи, суслики, ежи, медведи) и др.

Ритмичность обеспечивает согласованность функций организма с окружающей средой, т.е. приспособление к периодически изменяющимся условиям существования. Например, сезонные и суточные ритмы выработались как приспособление живых организмов к геофизическим циклам среды.

12. Энергозависимость. Живые тела представляют собой открытые для поступления энергии системы. Под *открытыми системами* понимают динамические системы, устойчивые лишь при условии непрерывного доступа к ним энергии и материи извне. Жи-

вые организмы существуют до тех пор, пока в них поступают энергия и материя из окружающей среды. Следовательно, *неустойчивость* представляет собой фундаментальную характеристику живых систем. Новая стадия эволюции биосферы, биогеоценоза, биологического вида или популяции проистекает из неустойчивости предшествующей стадии и накопления вследствие этого новой информации. Тем самым процесс эволюции становится необратимым.

Таким образом, живые организмы резко отличаются от неживых систем исключительной сложностью и высокой структурной и функциональной упорядоченностью. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства. Живое представляет собой особую, высшую ступень развития материи. Что же такое *жизнь*?

Материалистическое определение жизни около 120 лет назад дал Ф. Энгельс: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». В это определение вошли два важных положения: 1) жизнь тесно связана с белковыми телами; 2) обязательное условие жизни — постоянный обмен веществ, с прекращением которого прекращается и жизнь. Однако в нем отсутствует важное свойство живых систем — их способность к самовоспроизведению.

Благодаря достижениям современной биологии вскрыты новые черты, характерные для живых организмов, и на этой основе дано более подробное определение понятия «жизнь». Одно из таких определений принадлежит отечественному ученому Михаилу Владимировичу Волькенштейну: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот». В этом определении подчеркивается значение нуклеиновых кислот, обеспечивающих преемственность признаков и свойств организмов.

В основу теории возникновения жизни, развитой известным русским ученым Александром Ивановичем Опариным в 1924 г. и английским естествоиспытателем Джоном Холдейном в 1929 г., была положена эволюционная идея. Современные представления о происхождении жизни на Земле основываются на работах этих исследователей и заключаются в признании *абиогенного*, т.е. небиологического возникновения органических веществ из химических элементов и неорганических молекул, составлявших атмосферу Земли в древности, путем длительной молекулярной эволюции.

Все живые существа обладают совокупностью одних и тех же свойств и состоят из одних и тех же групп биологических полимеров, выполняющих определенные функции. Кроме того, прак-

тически все живые организмы, существующие на Земле, объединяет то, что последовательность биохимических превращений, обеспечивающих обменные процессы, у них сходна вплоть до деталей.

Например, расщепление глюкозы, биосинтез белка и другие химические реакции протекают почти одинаково у самых разных организмов.

Следовательно, вопрос о происхождении жизни сводится к тому, как и в каких условиях возникла столь универсальная система биохимических превращений.

Контрольные вопросы

1. Есть ли отличия химической организации живых организмов от химической организации объектов неживой природы? **2.** В чем принципиальные различия обмена веществами в природе и у живых организмов? **3.** Каким образом связаны наследственность, изменчивость, репродукция в обеспечении жизни на Земле? **4.** Что такое жизнь? Попробуйте дать свое определение.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Для того чтобы правильно представить процесс возникновения жизни, необходимо кратко рассмотреть современные взгляды на образование Солнечной системы и положение Земли среди ее планет. Эти представления очень важны, так как, несмотря на общность происхождения планет, окружающих Солнце, только на Земле появилась жизнь и достигла исключительного многообразия.

Предпосылки возникновения жизни

Земля и другие планеты Солнечной системы образовались из газово-пылевого облака около 4,5 млрд лет назад. Такая газово-пылевая материя встречается в межзвездном пространстве и в настоящее время. Водород — преобладающий элемент Вселенной. Путем реакций ядерного синтеза из него возникает гелий, из которого в свою очередь образуется углерод. Ядра атомов гелия объединялись с ядрами углерода и формировали ядра кислорода, затем неона, магния, кремния, серы и т.д.

Для возникновения жизни на Земле необходимы были некоторые космические и планетарные условия. Во-первых, оптимальные размеры планеты. Масса ее не должна была быть слишком большой, так как энергия атомного распада природных радиоактивных веществ может привести к перегреванию планеты или к

радиоактивному загрязнению среды, несовместимому с жизнью. Слишком маленькие планеты не способны удерживать около себя атмосферу, потому что сила притяжения их невелика. Во-вторых, движение планеты вокруг звезды по круговой или близкой к круговой орбите позволяет постоянно и равномерно получать от нее необходимое количество энергии. В-третьих, постоянная интенсивность излучения светила. Неравномерность потока энергии препятствовала бы возникновению и развитию жизни, так как существование живых организмов возможно лишь в узких температурных пределах.

Всем этим условиям удовлетворяла наша планета — Земля, на которой около 4,5 млрд лет назад создались условия для более высокого уровня развития материи — ее эволюции в направлении возникновения жизни.

Современные представления о возникновении жизни

Все современные представления о происхождении жизни на Земле основываются на признании *абиогенного*, т.е. *небиологического* возникновения органических веществ из неорганических молекул, что нашло отражение в теории А.И.Опарина (1924) и Дж.Холдейна (1929).

Химическая эволюция. На первых этапах формирования Земля имела очень высокую температуру. По мере остывания планеты тяжелые элементы перемещались к ее центру, а более легкие оставались на поверхности. Металлы и другие способные окисляться элементы соединялись с кислородом, и в атмосфере Земли свободного кислорода не было. Атмосфера состояла из свободного водорода и его соединений (H_2O , CH_4 , NH_3 , HCN) и поэтому носила восстановительный характер. По мнению А.И.Опарина, это служило важной предпосылкой возникновения органических молекул *небиологическим* путем. До начала XIX в. многие ученые предполагали, что эти соединения могут возникать только в живом организме. В связи с этим их назвали *органическими соединениями* в противоположность веществам неживой природы — минералам, названным *неорганическими соединениями*.

Однако в 1953 г. американский ученый С.Л.Миллер экспериментально доказал возможность абиогенного синтеза органических соединений из неорганических. Пропуская электрический разряд через смесь H_2 , H_2O , CH_4 и NH_3 , он получил набор нескольких аминокислот, органические кислоты и цианистый водород. Органические вещества образуются и при облучении этой смеси коротковолновыми ультрафиолетовыми лучами. При ультрафиолетовом облучении из HCN образуются аденин и гуанин, из формальдегида — сахара, в том числе рибоза и дезоксирибоза. В дальнейшем оказалось, что абиогенным путем в отсутствие кислорода

могут быть синтезированы очень многие органические соединения, входящие в состав биологических полимеров: белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов.

Возможность абиогенного синтеза органических соединений подтверждается тем, что они обнаружены в космическом пространстве. В космосе найдены цианистый водород, формальдегид, муравьиная кислота, метиловый и этиловый спирты и др. В некоторых метеоритах заключены жирные кислоты, сахара, аминокислоты. Все это свидетельствует о том, что достаточно сложные органические соединения могли возникать в условиях, существовавших на Земле 4—4,5 млрд лет назад.

Более 4 млрд лет назад «колбой Миллера» был весь земной шар. Извергались вулканы, с которых стекали потоки раскаленной лавы, клубы пара окутывали Землю, сверкали молнии. По мере остывания планеты водяные пары, находившиеся в атмосфере, конденсировались и обрушивались ливнями. Образовывались огромные водные пространства. Поскольку Земля была еще горячее, вода испарялась, а затем, охлаждаясь в верхних слоях атмосферы, вновь выпадала на поверхность планеты. Это продолжалось в течение многих миллионов лет. В водах первичного океана были растворены компоненты атмосферы, различные соли. Кроме того, туда попадали и непрерывно образующиеся в атмосфере под действием жесткого ультрафиолетового излучения Солнца, высокой температуры в областях грозных разрядов и активной вулканической деятельности органические соединения: сахара, аминокислоты, азотистые основания, органические кислоты и др.

Для образования на Земле сложных органических соединений важное значение имела, по-видимому, и адсорбция веществ на поверхности глин и других неорганических осадков в качестве фактора, повышающего концентрацию реагирующих между собой веществ, в результате чего появились первичные биополимеры — *полипептиды* и *полинуклеотиды*.

Таким образом, условиями для абиогенного возникновения органических соединений были: восстановительный характер атмосферы Земли (соединения, обладающие восстановительными свойствами, легко вступают во взаимодействия между собой и с веществами-окислителями), высокая температура, грозные разряды и мощное ультрафиолетовое излучение Солнца, которое в то время еще не задерживалось озоновым экраном.

По-видимому, первичный океан содержал в растворенном виде различные органические и неорганические молекулы, попадающие в него из атмосферы и вымываемые из поверхностных слоев Земли. Концентрация органических соединений постоянно увеличивалась, и в конце концов воды океана стали «бульоном» из белковоподобных веществ — пептидов, а также нуклеиновых кислот и других органических соединений.