

**Вспомните:**

- важнейшие свойства живых организмов;
- многообразие форм жизни;
- известные вам живые организмы.

**Основные признаки живого.** Традиционно свойства живого рассматриваются на примере таких живых систем, как организм. Данный подход правомерен, поскольку организм является основной единицей живого мира.

Жизнь на нашей планете представлена великим множеством разнообразных организмов. Некоторые из них состоят всего лишь из одной клетки, а самые сложные включают в себя миллиарды клеток. Хотя живые организмы, обитающие на Земле, очень разнообразны, все они характеризуются целым рядом общих признаков. Эти свойства, присущие всем организмам, называются *универсальными*. Совокупность всех этих универсальных свойств характерна только для живого. Именно по совокупному комплексу универсальных свойств можно отличить живую природу от неживой. Рассмотрим некоторые из универсальных признаков живого.



**Совокупность универсальных свойств живого присуща всем живым организмам и другим биосистемам.**

**Единство химического состава.** Все живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживая природа, однако их соотношение различно. В живых системах около 98 % химического состава приходится на долю четырёх химических элементов: углерода, кислорода, азота и водорода, а в общей массе веществ тела основную долю составляет вода (не менее 70–85 %) (табл. 2).

Таблица 2

**Соотношение наиболее распространённых химических элементов в земной коре и в живом веществе (в %)**  
(+ — присутствует менее 0,3 %)

Элементы	Земная кора	Живое вещество
Кислород	45–47	65–75
Железо	4,6–5,7	0,01–0,10

Элементы	Земная кора	Живое вещество
Магний	1,9–2,4	0,01–0,10
Сера	+	0,1–1,0
Кальций	2,9–4,3	0,1–1,0
Алюминий	8,0–8,1	+
Натрий	2,3–2,8	0,01–0,10
Фосфор	0,1	0,1–1,0
Калий	1,9–2,6	0,1–1,0
Углерод	+	15–18
Водород	0,01	8–10
Азот	+	1,5–3,0
Всего	99,2	99,9

**Обмен веществ и энергии.** Обмен веществ – это совокупность химических реакций, обеспечивающих поступление веществ в клетку (организм), их превращение и выведение продуктов обмена. Этот процесс реализует связь организма с внешней средой, что является условием для поддержания его жизнедеятельности. Из среды организм извлекает, преобразует и использует химические вещества, энергию и возвращает в биосферу продукты распада и преобразованную энергию. Обмен веществ и энергии обеспечивает постоянство внутренней среды организма, ведёт к восстановлению разрушенных структур, росту, развитию организма, поддержанию его высокоупорядоченного строения и жизнедеятельности.

**Обмен веществ с окружающей средой** – одно из главных, универсальных свойств живой природы.

**Способность к росту и развитию.** Рост – это увеличение массы и размеров организма и его отдельных органов за счёт приращения массы и числа клеток. Развитие – это необратимый, закономерно направленный процесс тесно взаимосвязанных количественных (рост) и качественных изменений организма с момента рождения до смерти. Различают *индивидуальное* развитие организмов или *онтогенез* (от греч. *ontos* – «сущее» и *genesis* – «происхождение») и *историческое* развитие – *эволюцию* органического мира.

**Способность к развитию** проявляется у единичных организмов в росте и онтогенезе, а у всего живого мира – в эволюции.

**Самовоспроизведение (размножение)** – это важнейшее свойство живого, суть которого образно выразил Луи Пастер: «Всё живое происходит только от живого». Жизнь, однажды возникнув путём длительной эволюции, с тех пор даёт начало только живому. В основе этого свойства лежит уникальная способность к самовоспроизведению основных «управляющих» систем организма: ДНК, хромосом и генов. В этой связи *наследственность*, как и размножение (самовоспроизведение), является уникальным свойством только живых существ.

**Раздражимость** – это специфические ответные реакции организмов на изменения окружающей среды. Реагируя на воздействие факторов среды той или иной активной реакцией раздражимости, организмы взаимодействуют со средой и приспосабливаются к ней, что помогает им выжить. Одним из важнейших проявлений раздражимости является *подвижность* (рис. 8). Например, повышение температуры тела и активное перемещение земноводных при добывании пищи наблюдаются при повышении температуры внешней среды, у растений и грибов ориентированные ростовые движения усиливаются в сторону благоприятных условий питания и пр.

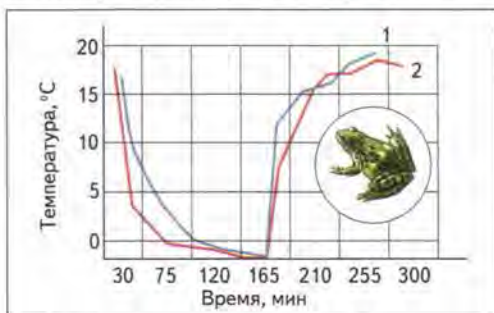


Рис. 8. Влияние температуры воздуха (1) на температуру тела лягушки *Rana temporaria* (2)

**Энергозависимость.** Все организмы нуждаются в энергии для осуществления процессов жизнедеятельности, для движения, поддержания своей упорядоченности, размножения. В большинстве случаев организмы используют для этого энергию Солнца, одни непосредственно – это *автотрофы* (зелёные растения и цианобактерии), другие опосредованно, в виде органических веществ потребляемой пищи – это *гетеротрофы* (животные, грибы, бактерии).

**Дискретность** (от лат. *discretus* – «разделённый», «обособленный») организмов – универсальное свойство живой природы. Организмы в природе всегда существуют в сообществах, но все они относительно обособлены друг от друга и являются хорошо различаемыми между собой отдельными особями, имеющими конечные размеры и индивидуальную длительность жизни. Все живые объекты, независимо от их уровня организации, будь то клетки, организмы или популяции, биогеоценозы, представлены в природе конкретными живыми единицами, отделёнными друг от друга. Так, любой организм состоит из клеток с их особыми свойствами. При этом все клетки отделены друг от друга оболочками, а в клетках также дискретно представлены органоиды и другие внутриклеточные структуры (ДНК, РНК, ферменты, белковые молекулы и пр.).



**Системный характер жизни.** Вся совокупность клеток, тканей и органов, имеющих в организме и тесно взаимодействующих между собой, проявляет себя как нечто единое целое по отношению к другим объектам и внешним условиям.

**Упорядоченность** — это важнейшее свойство организма, которое проявляется в его строении и функциях, протекании всех процессов его жизнедеятельности и поведении. В ходе длительной эволюции клетки живых организмов и сами организмы выработали механизмы регуляции процессов жизнедеятельности, способность поддерживать постоянство внутренней среды и сохранять целостность свойств в меняющихся условиях внешней среды. Упорядоченным образом, например, осуществляется обмен веществ, рост и развитие организмов, деление клеток, передача наследственных свойств, биосинтез, фотосинтез. Огромное значение при этом имеют нуклеиновые кислоты и ферменты.

**Ритмологичность в проявлении свойств живых организмов.** Всё живое характеризуется свойством *ритмологичности* в проявлении процессов жизнедеятельности в зависимости от суточных и сезонных ритмов, от динамики изменений погодных-климатических и приливо-отливных условий на Земле.

**Специфичность взаимоотношений со средой.** Организмы живут в условиях определённой среды. Поэтому они взаимодействуют не только между собой, но и со средой, из которой получают всё необходимое для жизни. Распространение живых существ обычно ограничивается рядом абиотических и биотических факторов (свет, температура, пища, вода, наличие хищников, паразитов). Поэтому они стремятся создать себе более благоприятные условия жизни (роют норы, строят гнёзда, делают запруды, создают затенение, удерживают влагу в почве и пр.).

Все эти свойства в их совокупности характерны только для живой природы. Это позволяет чётко отделить живое от неживого мира.

**Жизнь — это особая форма движения материи, выражающаяся в совокупном взаимодействии универсальных свойств организмов.**

Следует отметить ещё одно фундаментальное свойство жизни — её *уникальность*. Уникальность жизни заключается в том, что она возникла на Земле в результате длительных геохимических превращений (этап химической



**Рис. 9.** Суточный ритм движений подсолнечника (фототропизм)

эволюции в истории Земли). Однажды возникнув, жизнь из примитивных одноклеточных живых существ в ходе длительного исторического развития (этап биологической эволюции) достигла высокой степени сложности и обрела удивительно большое разнообразие живых форм, приспособленных к среде обитания.

В истории науки биологии изучение многообразия форм жизни с давних пор и по настоящее время является важной научной проблемой.

Все живые существа обладают такими свойствами, как обмен веществ, раздражимость, подвижность, рост, развитие, самовоспроизведение, упорядоченность в структуре и функциях, целостность и дискретность, энергозависимость от внешней среды. Эти свойства являются универсальным комплексом для всех организмов, благодаря которому живая природа чётко отличается от неживой природы.

1. Какие свойства жизни называют универсальными?
2. Любой карандаш обычно состоит из графитового стержня и обложки, сделанной из дерева. В чём сходство и различие между этими частями карандаша?
3. Назовите характеристики, присутствующие в современном определении понятия «жизнь».

## § 6

### Определение понятия «жизнь»

#### Вспомните:

- историю развития биологии как науки;
- многообразие жизни на Земле;
- общие свойства растений, животных и человека.

**Первоначальные представления о жизни.** Жизнь как природное явление очень сложна. Требуется многостороннее раскрытие свойств живой природы, чтобы понять её возможности и тенденции развития, многообразие её проявлений. Многие учёные в разные времена пытались охарактеризовать свойства жизни и сформулировать определение понятия «жизнь». В связи с этим известен целый ряд концепций и подходов, выдвигаемых биологами и философами (см. § 2) со времён античного мира. В конце XVIII века французские учёные-материалисты и философы, составители и авторы «Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремёсел» (1751–1780), в числе которых были Д. Дидро, Ж.-Ж. Руссо, Ф.-М. Вольтер, Ж.-Б. Бюффон, К. Гельвеций и другие, характеризовали понятие «жизнь» как состояние, противоположное смерти. Такое определение фактически ничего не сообщало о свойствах жизни и её особенностях.



Самое первое, приемлемое с позиций науки определение жизни дал немецкий философ Фридрих Энгельс (1820–1895). В 1883 году в статье, вошедшей затем в его книгу «Диалектика природы», он говорит о жизни как форме движения материи, возникшей на определённой ступени развития неорганической природы. В том же труде, исходя из специфики процессов жизни, он приводит её определение: «Жизнь — это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой. Причём с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». Это определение долгое время считалось классическим, поскольку предполагало важнейшую и первоначальную роль белка в появлении первых форм жизни.



Фридрих Энгельс (1820–1895), немецкий мыслитель и общественный деятель

**Современные представления о жизни.** С выяснением роли нуклеиновых кислот, которые оказались универсальным субстратом жизни (благодаря их способности хранить и передавать информацию о собственной структуре и структуре белков), они были включены в определение понятия жизни наряду с белками.

Считается доказанным, что живая материя произошла из химических элементов неживой оболочки Земли в процессе длительного исторического развития. Основным проявлением свойств живой материи является жизнь, и она выражается в большом разнообразии видов и форм. Процесс появления живых клеток в результате химической эволюции на Земле называют биопоэзом. Этот термин ввёл в 1947 году английский физик Джон Бернал (1901–1971), который сформулировал определение жизни следующим образом: «Жизнь — это особое проявление живой материи, возникшее в ходе биопоэза».

К пониманию сущности жизни наука подходит только сейчас, хотя попытки найти границу между живым и неживым предпринимались давно. Именно в конце XX века стало возможным объединить факты, накопленные в экспериментах, с теоретическими разработками в астрономии, физике, кибернетике, геологии, биологии, химии и социологии.

Некоторое физико-химическое уточнение об уникальных особенностях жизни даёт открытие изомерии в свойствах полимерных молекул и признание так называемой *хиральной чистоты жизни*, основанной на том, что природные молекулы сахаров всегда являются правовращающими изомерами, а молекулы аминокислот — левовращающими. Французский микробиолог и химик Луи Пастер, открывший в XIX веке оптическую изомерию химических соединений, считал явление хиральности (хиральной чистоты) важнейшим из свойств жизни.

Хиральностью (от греч. *cheir* – «рука») называют способность молекул существовать в двух зеркально противоположных формах – в виде оптических стереоизомеров. Хиральная способность молекул органических веществ обычно определяется наличием так называемого асимметричного атома углерода, обозначаемого как  $C^*$ . В насыщенных соединениях его четыре валентных связи располагаются под тетраэдрическими углами друг к другу, благодаря чему сходные по химическому составу молекулы имеют разное пространственное строение. Свойство хиральности является необходимым условием оптической активности молекул, проявляющейся в способности вращать плоскость поляризации света вправо или влево. На рисунке 10 схематически изображены правая (D, от лат. *dextrum* – «правая») и левая (L, от лат. *laevus* – «левая») формы аминокислот.

Известно, что независимо от происхождения и функционирования все разнообразные белки в своих полимерных молекулах содержат аминокислоты *только левой конфигурации* (L-форма) (кроме глицина). Тогда как важнейший для жизни второй тип биополимеров – нуклеиновые кислоты в своей молекуле содержат нуклеотиды, в состав которых входят *сахара с правой хиральной структурой* (D-форма). Других вариантов нет, отсюда возникло название – *хиральная чистота живой материи*, обозначающее, что во всех формах жизни все без исключения белки и их производные соединения содержат только «левые» аминокислоты, а нуклеиновые кислоты – только «правые» сахара. Такая фиксация одной определённой конфи-

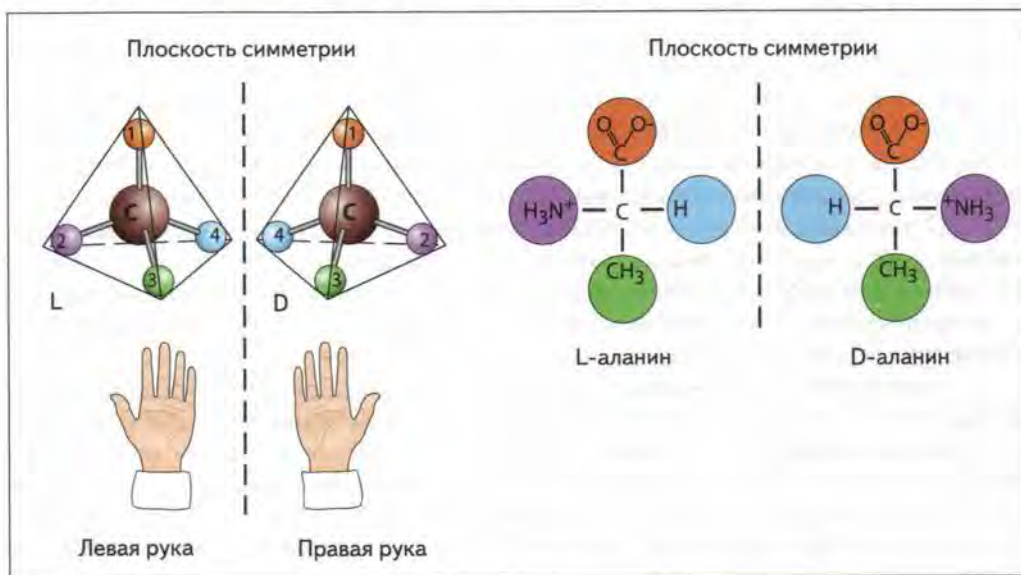


Рис. 10. Конфигурация изомеров аминокислот: L – левая; D – правая

гурации всех важнейших биологических молекул в организмах произошла в результате естественного отбора.

**Примеры определений понятия «жизнь».** В настоящее время известно несколько десятков определений жизни. Например, один философ пишет: «Жизнь — это особая форма движения материи, способная к самовоспроизведению», а другой перечисляет свойства живой материи: «Жизнь — это прежде всего обмен веществ с окружающей средой, в ходе которого организм как открытая система получает извне вещества, служащие строительным материалом, обеспечивающим его рост и развитие, а также образование дочерних организмов в процессе размножения, и снабжающие его энергией».

В содержании определений понятия «жизнь» всегда отражается уровень достижений естественнонаучных знаний о живой материи. Например, в середине XX века, когда уже были открыты материальные основы наследственности, а развитие теории систем и кибернетики (науки о процессах и управлении в системах) создали основу для рассмотрения жизни как особых биосистем, в понятии «жизнь» отмечаются признаки, характеризующие те или иные её биосистемные свойства и зависимости. Так, отечественный биохимик М.В. Волькенштейн пишет: *«Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров белков и нуклеиновых кислот».*

Иначе определяет понятие жизни биолог-эволюционист Б.М. Медников. Он подчёркивает важность активности жизни, потому отмечает, что *«Жизнь — это активное свойство живой материи, идущее с затратой энергии на поддержание и воспроизведение специфической структуры».* Биолог А.В. Присный считает, что жизнь — это информационное свойство материи в космосе и специфичность её проявления на Земле. Он пишет: *«Жизнь есть расширенное воспроизводство информации в отдельных материальных системах. Специфика земной формы жизни состоит в том, что она развивается преимущественно на основе одного вида материи — живого вещества, которое пока известно только на нашей планете».*

Планетарный характер жизни отмечают многие авторы.

В последнее время всё чаще в определениях понятия «жизнь» отмечается её системный характер, иерархичность живых систем и их экологические свойства (взаимодействие биосистем с окружающей средой), подчёркивается её уникальность и исключительно большое разнообразие проявления её форм.

По современным представлениям вся живая материя существует в форме живых систем — *биосистем*. Биологическими системами являются: организмы, их структурные единицы — клетки и молекулы, а также виды, популяции, биогеоценозы и самая большая, глобальная биосистема — биосфера.



В этих биосистемах, разных по степени сложности и качеству, проявляется жизнь.

С учётом современных представлений определение понятия «жизнь» можно сформулировать следующим образом: *жизнь — это особая форма движения материи, построенная на основе белков, нуклеиновых кислот и поглощения энергии, представленная в виде живых систем разных уровней сложности (от молекулярного до биосферного).*

1. Что такое биопозэз?
2. Почему учёные вновь и вновь уточняют понятие «жизнь»?
3. Какие характеристики жизни присутствуют в современных определениях понятия «жизнь»?
4. Прав ли Л. Пастер, считая, что хиральная чистота — важнейшее свойство жизни?
5. Предложите собственное определение понятия «жизнь».

## § 7

### Общие свойства живых систем — биосистем

#### Вспомните:

- основные признаки жизни;
- особенности естественной системы живых организмов;
- что такое биосистема.

**Биосистемы как структурные единицы живого.** По современным представлениям живая материя существует в форме *живых систем — биосистем*. Системой обычно называют целостное образование, созданное множеством закономерно связанных друг с другом элементов, выполняющих особые функции и обеспечивающих её единство. Такое единство составных частей (элементов), связанных взаимодействием в единое целое, называют системой (от греч. *systema* — «составленное из частей», «соединённое»). По определению автора общей теории систем Людвиг фон Берталанфи, *«система есть комплекс взаимодействующих элементов, а взаимосвязь между элементами представляет структуру системы»*. Системность и структурность — это неотъемлемые свойства материи.

Поскольку речь идёт о тесном взаимодействии составных частей (элементов) живого объекта, то его проявляющуюся целостность следует рассматривать как *живую, или биологическую, систему — биосистему* (от греч. *bios* — «жизнь» и «система»).

Как особые типы биосистем выступают клетки, организмы, а также виды, биогеоценозы и самая большая, глобальная — биосфера. Все они выра-

жают многообразие форм жизни и являются особыми единицами живой материи, отражающими специфику процессов и явлений жизни на Земле. В этих разнокачественных биосистемах проявляется жизнь. Жизнь возникает и протекает в виде целостных биосистем. Однако всем биосистемам свойственны рост и развитие, динамическая устойчивость, тогда как системам неживой природы — статичность и деградация.

Все биосистемы являются *дискретными*, то есть прерывистыми в пространстве и во времени, обособленными друг от друга, имеющими свои границы, конечные размеры, особую длительность существования и определённые признаки, отражающие их специфичность.

Любая биосистема (будь то клетка или организм, биогеоценоз или биосфера) представляет собой *внутренне упорядоченное множество* взаимосвязанных элементов (компонентов).

Взаимосвязи (отношения) элементов в системе отображают её *структуру*. Она может быть простой или сложной. Чем больше элементов в системе и чем сложнее связи между ними, тем сложнее её структура. Например, биосистема «организм» обладает более сложной структурой, чем биосистема «клетка», поскольку состоит из множества взаимодействующих элементов, среди которых различные клетки, ткани, органы, системы органов. Компонентами биосистемы «вид» являются популяции, «биогеоценоз» — живое население и условия абиотической среды, а компонентами биосферы — биогеоценозы. Наименьшими и простыми являются молекулярные и клеточные биосистемы, более сложными — биогеоценозы и особенно биосфера. Но все биосистемы характеризуются целостностью, сложной определённой структурой, дискретностью, способностью к длительному самоподдержанию и устойчивостью во взаимосвязи с окружающей средой.

Любая система, в том числе биосистема, существует, пока взаимодействуют её компоненты. Она не только зависит от своих компонентов, но и определяет их существование. Например, организм зависит от взаимодействия его клеток, но и сам воздействует на них (обеспечивает веществами и энергией, координирует их общую работу).

**Особенности природных биосистем.** Каждая биосистема обладает определённой *информацией*. Информация в биологии понимается как сведения об окружающем мире и протекающих в нём процессах, воспринимаемые биосистемой. Любой отклик в системе проявляется как обратная связь. Это важное свойство природной системы (рис. 11).

Другая особенность биосистем состоит в том, что они — *открытые системы*. Для них характерен обмен веществом, энергией с окружающей средой, а у закрытых систем такой обмен отсутствует.

**Все природные системы являются открытыми, так как они постоянно обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией.**





**Рис. 11.** Растительный организм как биосистема, характеризующая взаимодействие органов, тканей и клеток растения

ма существует значительно дольше своих структурных элементов — клеток.

Подсчитано, что обновление всего клеточного состава у человека происходит примерно каждые семь лет. Клетки многих его органов обновляются достаточно часто. Например, клетки печени живут не более 18 месяцев, эритроциты — 4 месяца, а клетки эпителия тонкого кишечника — только 1–2 дня. Нервные клетки, существующие на протяжении всей жизни человека, характеризуются регулярным обновлением внутриклеточного вещества.

*Саморегуляция* — ещё одно фундаментальное и универсальное свойство живых систем, проявляющееся, с одной стороны, как способность биосистемы к активной реакции, ответу на внешнее воздействие, с другой — как способность поддерживать неизменным постоянство своего внутреннего и внешнего состояния в определённых пределах. То и другое обеспечивает её устойчивость. Чем сложнее структура биосистемы, тем она устойчивее к воздействиям окружающей среды.

Способность биосистемы к саморегуляции, сохранению её устойчивости и стабильности, называют *гомеостазом*, или динамическим равновесием системы. Гомеостаз (от греч. *homoios* — «подобный», «одинаковый» и *stasis* — «неподвижность», «состояние») — это способность биосистемы противостоять изменениям (наружным и внутренним) и сохранять динамическое равновесие своих состава и свойств, то есть поддерживать устойчивое состояние. Например, гомеостаз биосистемы «биогеоценоз» поддерживается благо-

Например, организмы (или другие биосистемы) из внешней среды поглощают необходимые им для жизнедеятельности минеральные или органические вещества и энергию. Значительная часть их в биосистеме расходуется (на организацию энергетических потоков, поддержание устойчивости, на реализацию биохимических процессов и воспроизводство элементов системы), а часть уходит в окружающую среду в виде тепла и отработанных ненужных веществ.

Следует отметить способность биосистем к самосохранению (самоподдержанию), то есть свойство сохранять своё существование в пределах определённого, но конечного срока. Это свойство обеспечивается непрерывным процессом обновления большинства элементов биосистемы. Таким путём биосистема поддерживает своё длительное, хотя и конечное существование. Например, у многоклеточных организмов в тканях и органах идёт постоянная замена отживших клеток, благодаря чему организм как живая система

даря постоянству видового состава и численности особей в нём. Гомеостаз любой биосистемы направлен на максимальное ограничение её зависимости от внешних и внутренних сил, на сохранение относительного постоянства её структур и функций. Если какая-то функция в биосистеме выполняется не одним, а несколькими компонентами, то стабильность такой биосистемы может повыситься, так как в ней всегда находятся факторы, ограничивающие избыточность какого-то компонента или замещающие выпавших. Особенно увеличивает стабильность системы её структурно-функциональная сложность.

Наконец, фундаментальным свойством всех живых систем (в отличие от неживых) является их *охваченность эволюционным процессом развития и усложнения*, непрерывно создающим новые формы жизни. В этом специфика систем живой материи и залог устойчивости биосферы как уникальной биосистемы планеты Земля.

1

**Целостность, дискретность, открытость, информационность, саморегуляция, самоподдержание и способность к эволюции — неотъемлемые характерные свойства всех биосистем.**

1. Почему живые системы относят к открытым системам?
2. Какие признаки являются общими для всех живых систем?
3. Является ли длительность существования во времени обязательной характеристикой биосистемы? Аргументируйте свой ответ.

**Лабораторная работа № 1 «Наблюдение за живой клеткой» (см. Приложение).**

## § 8

### Структурные уровни организации жизни

**Вспомните:**

- чем обеспечивается целостность биосистемы;
- отличие живых систем от неживых систем;
- характерные признаки биосистем.

**Системная организация живой материи.** Мир живой природы представляет собой совокупность разнообразных живых систем различной сложности. В свою очередь, каждая биосистема (как любая система) представляет собой совокупность связанных в единое целое элементов (компонентов), выполняющих определённые функции. Взаимосвязи таких элементов выражает структура системы, которая может быть сложной или относительно простой.