

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	9
Краткая история биологии	10
Этапы развития биологии	11
Методы исследований	15
Биология — теоретическая основа медицины	19
Биология и производство	20
Глава I. Сущность жизни, свойства и уровни организации живого	22
Сущность и субстрат жизни	22
Свойства живого	24
Уровни организации живого	28
Вопросы для обсуждения	32
Глава II. Клетка — основа жизни	33
Исторические сведения	33
Методы изучения клеток	34
Структурная организация клеток	35
Химический состав	53
Размножение клеток	57
Эволюция клеток	62
Вопросы для обсуждения	65
Глава III. Обмен веществ и энергии	67
Анаболизм и катаболизм	67
Поступление веществ в клетки	70
Фотосинтез	74
Дыхание (подготовка энергии к использованию)	77
Использование энергии в клетках	87
Метаболизм на уровне организмов	88
Происхождение типов обмена	89
Вопросы для обсуждения	90
Глава IV. Размножение, рост и индивидуальное развитие организмов	92
Бесполое размножение	92
Половое размножение	95
Сперматогенез и овогенез	99
Овогенез и яйцеклетки	107
Оплодотворение	109

Чередование гаплоидии и диплоидии. Чередование поколений	111
Половой диморфизм. Гермафродитизм	112
Происхождение способов размножения	113
Единство роста и развития	115
Онтогенез и его типы. Периодизация онтогенеза	116
Проэмбриональное развитие	117
Эмбриональное развитие	117
Постэмбриональное развитие	129
Продолжительность жизни	140
Вопросы для обсуждения	142
Глава V. Наследственность и изменчивость. Генетический материал	144
Наследственность и непрерывность жизни	144
Наследственность и среда	146
Методы и уровни изучения наследственности	152
Нуклеиновые кислоты как генетический материал	155
Химия и структура ДНК	158
Ядерные (хромосомные) детерминанты наследственности	169
Экстраядерные (экстрахромосомные) детерминанты наследственности	173
Транспозируемые генетические элементы	177
Репликации ДНК и хромосом	179
Вопросы для обсуждения	185
Глава VI. Закономерности передачи генетической информации. Генетическая организация хромосом	187
Доминантность и рецессивность	188
Расщепление (сегрегация) генов	191
Независимое перераспределение генов	197
Хромосомные основы расщепления и независимого перераспределения генов	207
Наследственность, сцепленная с полом	209
Сцепление и кроссинговер	214
Молекулярные механизмы и генетический контроль рекомбинации	219
Линейный порядок и тонкое строение генов	221
Современная концепция генов	222
Вопросы для обсуждения	226

Глава VII. Экспрессия генов	229
Структура и свойства генетического кода	230
Транскрипция	232
Трансляция	238
Митохондриальный генетический код	244
Универсальность и происхождение генетического кода	245
Мутации	247
Молекулярные механизмы мутаций	258
Восстановление повреждений ДНК	263
Генетический контроль экспрессии генов	267
Эволюция генов	274
Вопросы для обсуждения	276
Глава VIII. Нормальная и патологическая наследственность человека	279
Методы изучения наследственности человека	279
Нормальная наследственность	284
Наследственность и поведение	292
Генетическая индивидуальность	294
Патологическая наследственность	296
Наследственная патология, обусловленная мутациями генов	298
Наследственная патология, обусловленная мутациями хромосом	308
Наследственная патология, обусловленная митохондриальными генами	314
Болезни с наследственным предрасположением	315
Принципы диагностики, лечения и профилактики наследственных болезней	316
Вопросы для обсуждения	321
Глава IX. Теория эволюции	323
Взгляды на происхождение и эволюцию жизни в прошлом	323
Ч. Дарвин и эволюция	331
Синтез дарвинизма и генетики	333
Современные представления о происхождении жизни	335
Ход, главные направления и доказательства эволюции	340
Учение о микроэволюции	356
Проблемы видообразования	363
Гипотеза нейтральности молекулярной эволюции	365

Антидарвиновские концепции эволюции	366
Вопросы для обсуждения	367
Глава X. Человек и паразитизм (основы медицинской паразитологии)	369
Классификации организмов	373
Тип Простейшие (<i>Protozoa</i>)	378
Класс Саркодовые (<i>Sarcodina</i>)	381
Класс Жгутиковые (<i>Mastigophora s. Flagellata</i>)	386
Класс Споровики (<i>Sporozoa</i>)	397
Класс Инфузории (<i>Infusoria</i>)	406
Происхождение и филогенетические связи простейших	408
Вопросы для обсуждения	409
Тип Плоские черви (<i>Plathelminthes</i>)	410
Класс Турбеллярии (<i>Turbellaria</i>)	412
Класс Сосальщикообразные (<i>Trematodes</i>)	413
Класс Ленточные гельминты (<i>Cestoidea</i>)	423
Вопросы для обсуждения	433
Тип Круглые черви (<i>Nemathelminthes</i>)	434
Класс Собственно круглые черви (<i>Nematoda</i>)	434
Вопросы для обсуждения	451
Тип Кольчатые черви (<i>Annelides</i>)	452
Класс Пиявки (<i>Hirudinea</i>)	453
Вопросы для обсуждения	454
Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>)	454
Класс Ракообразные (<i>Crustacea</i>), подтип Жабернодышащие (<i>Branchiata</i>)	456
Класс Паукообразные (<i>Arachnidea</i>), подтип Хелицерообразные (<i>Chelicerata</i>)	458
Класс Насекомые (<i>Insecta</i>), подтип Трахейнодышащие (<i>Tracheata</i>)	469
Вопросы для обсуждения	486
Тип Мягкотелые (<i>Molluska</i>)	486
Тип Иголкокожные (<i>Echinodermata</i>)	488
Тип Полухордовые (<i>Hemichordata</i>)	489
Тип Хордовые (<i>Chordata</i>)	489
Класс Круглоротые (<i>Cyclostomata</i>)	490
Класс Хрящевые рыбы (<i>Chondrichthyes</i>)	493
Класс Костные рыбы (<i>Osteichthyes</i>)	493
Класс Земноводные, или Амфибии (<i>Amphibia</i>)	495

Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии (<i>Reptilia</i>)	497
Класс Птицы (<i>Aves</i>)	501
Класс Млекопитающие (<i>Mammalia</i>)	503
Вопросы для обсуждения	505
Глава XI. Происхождение человека	507
Взгляды на антропогенез в прошлом	508
Концепция животного происхождения человека	510
Этапы антропогенеза	514
Прародина человека	525
Факторы антропогенеза	527
Расы и их происхождение	528
Расизм	540
Экологическое разнообразие и изменчивость современного человека	543
Культурное развитие человека	545
Вопросы для обсуждения	548
Глава XII. Эволюция систем органов	550
Покровы тела	550
Скелет	551
Пищеварительная система	554
Дыхательная система	556
Кровеносная система	557
Выделительная система	560
Нервная система	562
Репродуктивная система	565
Вопросы для обсуждения	566
Глава XIII. Организм и среда	568
Абиотические факторы	568
Биотические факторы	574
Иммунитет	575
Вопросы для обсуждения	583
Глава XIV. Биосфера и человек	584
Экологические системы	585
Взаимодействие организмов в экосистемах	590
Воздействие человека на биосферу	591
Вопросы охраны природы и среды обитания	596
Вопросы для обсуждения	599
Глава XV. Генетическая инженерия	601
Генная инженерия и ее инструменты	602

Клеточная инженерия	612
Генетическая инженерия и медицина	618
Экологические проблемы генетической инженерии	621
Вопросы для обсуждения	623
Глава XVI. Философские, социальные и этические проблемы биологии	625
Приложения	
Знаменательные даты в развитии биологии	639
Словарь	643
Единицы измерений	656

Глава IV

Размножение, рост и индивидуальное развитие организмов

Размножение — это свойство организмов производить потомство или способность организмов к самовоспроизведению. Являясь важнейшим свойством живого, размножение обеспечивает непрерывность жизни, продолжение видов.

Процесс размножения исключительно сложен и связан не только с передачей генетической информации от родителей к потомству, но и с анатомическими и физиологическими свойствами организмов, с их поведением, гормональным контролем. Размножение организмов сопровождается процессами их роста и развития.

Для живых существ характерно чрезвычайное разнообразие в способах размножения. Тем не менее различают два основных способа размножения — бесполое и половое (рис. 16). Бесполое размножение, или апомиксис (от греч. *apó* — без, *mixis* — смешение), представляет собой процесс, в котором участвует лишь один родитель (клетка или многоклеточный организм). Напротив, в половом размножении участвуют два родителя, каждый из которых имеет собственную репродуктивную систему и продуцирует половые клетки (гаметы), которые после слияния образуют зиготу (оплодотворенное яйцо), дифференцирующуюся затем в эмбрион. Следовательно, при половом размножении имеет место смешение наследственных факторов, т. е. процесс, называемый амфимиксисом (от греч. *amphí* — с обеих сторон, *mixis* — смешение).

БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Бесполое размножение характерно для организмов многих видов как растений, так и животных. Оно встречается у вирусов, бактерий, водорослей, грибов, сосудистых растений, простейших, губок, кишечнополостных, мшанок и оболочников.

Наиболее простая форма бесполого размножения характерна для вирусов. Их репродуктивный процесс связан с молекулами нуклеиновых кислот, со способностью этих молекул к самоудвоению

и основан на специфичности относительно слабых водородных связей между нуклеотидами.

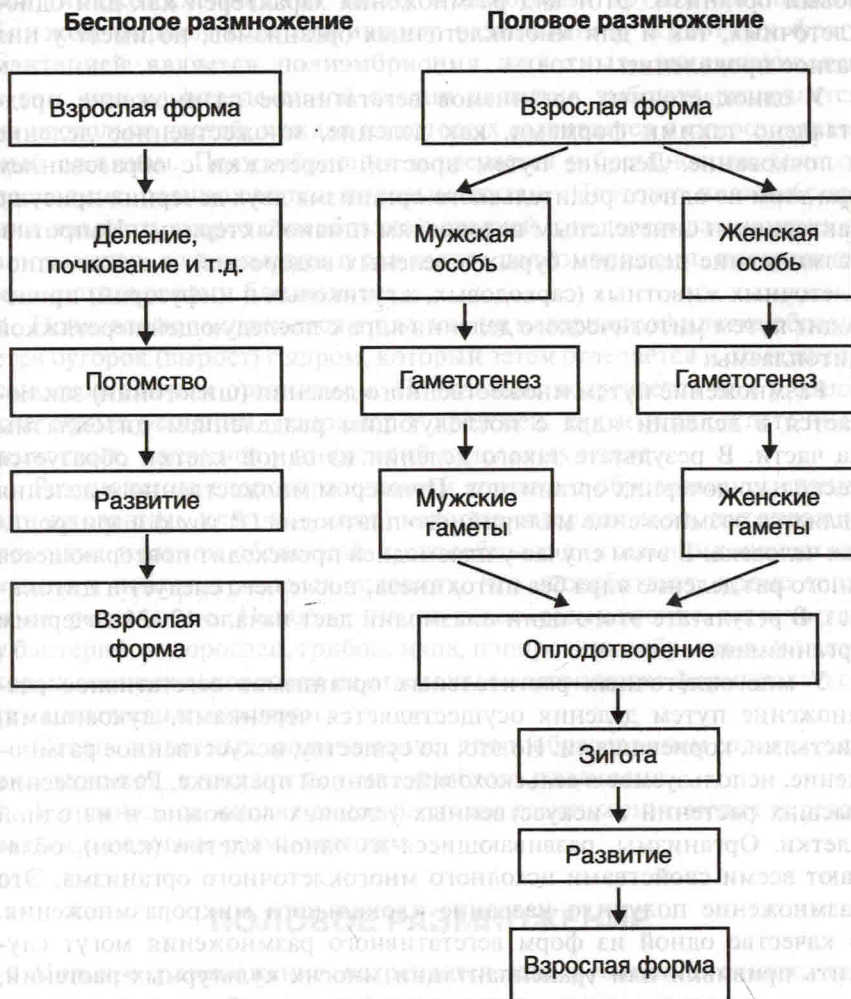


Рис. 16. Способы размножения организмов

Применительно к другим организмам, размножающимся бесполом путем, различают вегетативное размножение и размножение спорообразованием.

Вегетативное размножение — это размножение, при котором из части, отделившейся от материнского организма, развивается новый организм. Этот вид размножения характерен как для одноклеточных, так и для многоклеточных организмов, но имеет у них разное проявление.

У одноклеточных организмов вегетативное размножение представлено такими формами, как деление, множественное деление и почкование. Деление путем простой перетяжки с образованием при этом из одного родительского организма двух дочерних присуще бактериям и синезеленым водорослям (цианобактериям). Напротив, размножение делением бурых и зеленых водорослей, а также одноклеточных животных (саркодовых, жгутиковых и инфузорий) происходит путем митотического деления ядра с последующей перетяжкой цитоплазмы.

Размножение путем множественного деления (шизогонии) заключается в делении ядра с последующим разделением цитоплазмы на части. В результате такого деления из одной клетки образуется несколько дочерних организмов. Примером множественного деления является размножение малярийного плазмодия (*P. vivax*) в эритроцитах человека. В этом случае у плазмодиев происходит повторяющееся много раз деление ядра без цитокинеза, после чего следует и цитокинез. В результате этого один плазмодий дает начало 12–24 дочерним организмам.

У многоклеточных растительных организмов вегетативное размножение путем деления осуществляется черенками, луковицами, листьями, корневищами. Но это, по существу, искусственное размножение, используемое в сельскохозяйственной практике. Размножение высших растений в искусственных условиях возможно и из одной клетки. Организмы, развивающиеся из одной клетки (клон), обладают всеми свойствами исходного многоклеточного организма. Это размножение получило название клонального микроразмножения. В качестве одной из форм вегетативного размножения могут служить прививки или трансплантации многих культурных растений, заключающиеся в пересадке почки или части побега от одного растения к другому. Конечно, это тоже способ размножения, который в природе не встречается, но в сельском хозяйстве используется очень широко.

У многоклеточных животных вегетативное размножение происходит путем фрагментации их тела на части, после чего каждая

часть развивается в новое животное. Такое размножение характерно для губок, кишечнополостных (гидр), немуртин, плоских червей, иглокожих (морских звезд) и некоторых других организмов. Близкой формой к вегетативному размножению животных фрагментацией является полиэмбриония животных, заключающаяся в том, что на определенной стадии развития эмбрион разделяется на несколько частей, каждая из которых развивается в самостоятельный организм. Полиэмбриония встречается у броненосцев. Однако последние размножаются половым путем. Поэтому полиэмбриония является скорее своеобразной стадией в половом размножении, а потомство, возникающее в результате полиэмбрионии, представлено монозиготными близнецами.

Почкование заключается в том, что на материнской клетке образуется бугорок (вырост) с ядром, который затем отделяется и становится самостоятельным организмом. Почкование встречается как у одноклеточных растений, например у дрожжей, так и у одноклеточных животных, например у инфузорий отдельных видов.

Размножение спорообразованием связано с образованием специализированных клеток — спор, которые содержат ядро, цитоплазму, покрыты плотной оболочкой и способны к длительному существованию в неблагоприятных условиях, что способствует, кроме того, и их расселению. Наиболее часто такое размножение встречается у бактерий, водорослей, грибов, мхов, папоротникообразных. У некоторых зеленых водорослей из отдельных клеток могут формироваться так называемые зооспоры.

Среди животных размножение спорообразованием отмечается у споровиков, в частности у малярийного плазмодия.

У организмов многих видов бесполое размножение может чередоваться с половым размножением.

ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Половое размножение встречается как у одноклеточных, так и у многоклеточных растений и животных.

Как отмечено в главах V и XIII, половое размножение у бактерий осуществляется путем конъюгации, служащей аналогом полового процесса и являющейся системой рекомбинации этих организмов, тогда как у простейших половое размножение происходит тоже путем конъюгации либо посредством сингамии и аутогамии.

У многоклеточных организмов (растений и животных) половое размножение связано с образованием зародышевых или половых клеток (гамет), оплодотворением и образованием зигот.

Половое размножение является значительным эволюционным приобретением организмов. С другой стороны, оно способствует пересортировке генов, появлению разнообразия организмов и повышению их конкурентоспособности в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

У одноклеточных организмов половое размножение существует в нескольких формах. У бактерий половое размножение можно аналогизировать с имеющей место у них конъюгацией, заключающейся в передаче плазмидной или хромосомной ДНК от клеток-доноров (содержащих плазмиды) к клеткам-реципиентам (не содержащим плазмиды), а также с трансдукцией бактерий, заключающейся в передаче генетического материала от одних бактериальных клеток к другим фагам. Конъюгация встречается также у инфузорий, у которых во время этого процесса происходит переход ядер от одних особей к другим, после чего следует деление последних.

Одной из распространенных форм полового размножения у одноклеточных животных, например у паразитических спорозоитов, является копуляция. Половое размножение у них заключается в слиянии двух особей, которые являются гаметами, в одну, являющуюся споровой формой, из которой затем развивается новый организм. Независимо от способа слияния генетического материала у одноклеточных организмов существенной особенностью этого слияния является то, что оно сопровождается генетической рекомбинацией.

У многоклеточных растений и животных половое размножение клеток происходит через образование женских и мужских половых клеток (яйцеклеток и сперматозоидов), последующее оплодотворение яйцеклетки сперматозоидом и образование зиготы. У растений половые клетки продуцируются в специализированных репродуктивных структурах, у животных они продуцируются в половых железах, называемых гонадами (от греч. *gonē* — семя).

Между соматическими и половыми клетками животных существует важное различие. Оно заключается в том, что соматические клетки способны к делению, т. е. репродуцируют себя, и, кроме того, из них образуются половые клетки. Напротив, половые клетки не делятся, но они «начинают» репродукцию целого организма.

Диплоидные соматические клетки, в которых образуются мужские половые клетки, называются сперматогониями, а в которых образуются женские половые клетки — овогониями. Процесс образования (роста и дифференциации) мужских и женских половых клеток носит название гаметогенеза.

Гаметогенез основан на мейозе (от греч. *meiōsis* — понижать), который представляет собой редукционное деление ядер клеток, сопровождающееся понижением числа хромосом на ядро. Мейоз происходит в специализированных клетках репродуктивных органов живых существ, размножающихся половым путем (рис. 17). Например, у папоротникообразных мейоз встречается в специализированных клетках спорангий, располагающихся на нижней поверхности листьев этих растений и развивающихся в споры, а затем в гаметофиты. Последние существуют раздельно, продуцируя в конечном итоге мужские и женские гаметы. У цветковых растений мейоз осуществляется в специализированных клетках семязпочек, которые развиваются в споры. Последние продуцируют гаметофит с одной яйцеклеткой. Кроме того, у этих растений мейоз происходит и в специализированных клетках пыльников, которые также развиваются в споры, продуцирующие в конечном итоге пыльцу с двумя мужскими гаметами. У земляных червей, которые являются гермафродитами и содержат мужские половые органы в одном сегменте тела, а женские в другом и которые характеризу-

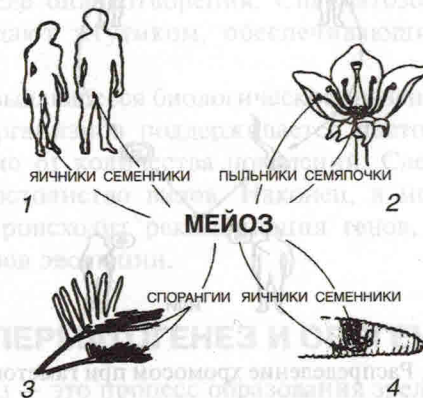


Рис. 17. Мейоз у разных организмов:

1 — человек; 2 — цветковые растения; 3 — папоротник; 4 — дождевой червь

Глава XIV

Биосфера и человек

Биосфера (от греч. *bios* — жизнь, *sphaire* — пленка) — живая оболочка Земли. Термин впервые встречается в труде австрийского ученого Э. Зюса (1831–1914) «Лик Земли» (1875). Позднее термин «биосфера» использовали и другие исследователи, но учение о биосфере в современном понимании было сформулировано В.И. Вернадским (1863–1945) в его работе «Биосфера» (1926). По В.И. Вернадскому, геохимические процессы на Земле и формирование лика Земли связаны с живыми существами, а биосфера включает в себя собственно живую оболочку Земли (живой материал в виде живых организмов, населяющих Землю в каждый данный момент) и бывшие живые оболочки (былой материал), границы которых определяются распределением биогенных осадочных пород.

В.И. Вернадский подразделил биосферу на тропосферу, литосферу и гидросферу. *Тропосфера* — это нижняя часть атмосферы высотой до 20 км. В ней происходят миграции и обмен биогенных газов. *Литосфера* — это твердая поверхность Земли, представленная ее верхними водопроницаемыми слоями глубиной до 2–5 км, ниже которых лежат осадочные породы, а еще ниже — переплавленные породы гранитной оболочки. *Гидросфера* — это водная часть биосферы, представленная реками, морями и океанами. Глубины водной части доходят до 10 км и более.

Считают, что со времени появления жизни на Земле живые существа перерабатывали вещество литосферы, тропосферы и гидросферы. Поэтому мощность биосферы определяется биомассой живущих одновременно на Земле организмов. Подсчитано, что биомасса живых существ составляет $2,423 \times 10^{12}$ тонн, из которых на долю сухопутных организмов приходится $2,42 \times 10^{12}$ тонн, водных — $0,003 \times 10^{12}$ тонн. Кислород в живом веществе составляет 65–70%, водород — 10%, остальные более 60 элементов — 20–25%.

Для биосферы характерна многообразная и безграничная связь между ее биотической и абиотической частями (живой и неживой материей), между растениями и животными. Живые организмы связаны между собой не только происхождением, но и отношениями между ними и неживой природой, т. е. экологически.

Жизнь и деятельность человека связана с нижними слоями тропосферы (несколько метров), верхними слоями литосферы (биогеоэкологический покров с почвой и подпочвой, где сосредоточены корневые системы растений) и гидросферой.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Элементарной единицей биосферы является экологическая система (Тенсли А., 1935), или *биогеоценоз* (Сукачев В.Н., 1944), представляющий собой совокупность живых и неживых элементов на определенной территории. Экосистемы состоят из живых организмов (биоценозов) и среды обитания — косной (атмосфера) и биокосной (почва, водоем и т. д.). Они иногда отделены одна от другой, но часто между ними имеются переходы.

Будучи элементарным структурным подразделением биосферы, экосистема в то же время является элементарной единицей биогеохимической активности, протекающей в биосфере. Примерами экосистемы являются озеро, лесной массив и т. д. От экосистем следует отличать биомы, под которыми понимают сообщества организмов, приуроченные к определенным географическим районам с их климатическими и почвенными зонами. Главнейшими биомами являются леса (хвойные, лиственные, тропические), лесостепь (саванна), степь, чапарраль, пустыня, тайга.

Экологическая система имеет энергетический вход, через который в нее поступает энергия солнечного света, и состоит из биотической и абиотической частей (рис. 122). Световая энергия, поступающая в экосистему через ввод, поддерживает порядок в этой системе, предупреждая повышение энтропии.

Биотическая (живая) часть представлена организмами-производителями, организмами-потребителями и организмами-разрушителями. Организмами-производителями являются автотрофы — крупные растения, а в водоемах еще и водные многоклеточные и одноклеточные плавучие растения (фитопланктон), живущие до глубин, куда еще проникает свет. За счет энергии, поступающей через ввод, организмы-производители синтезируют органическое вещество. Организмами-потребителями органического вещества служат гетеротрофы, среди которых различают потребителей I и II порядка. Первичными потребителями служат травоядные животные, вторичными — плотоядные, которые питаются первичны-

ми потребителями. Организмами-разрушителями служат бактерии и грибы, которые разлагают мертвую протоплазму (органические соединения) клеток организмов-производителей и организмов-потребителей вплоть до низкомолекулярных органических и неорганических соединений. Органические соединения используются самими организмами-разрушителями, тогда как неорганические — зелеными растениями.

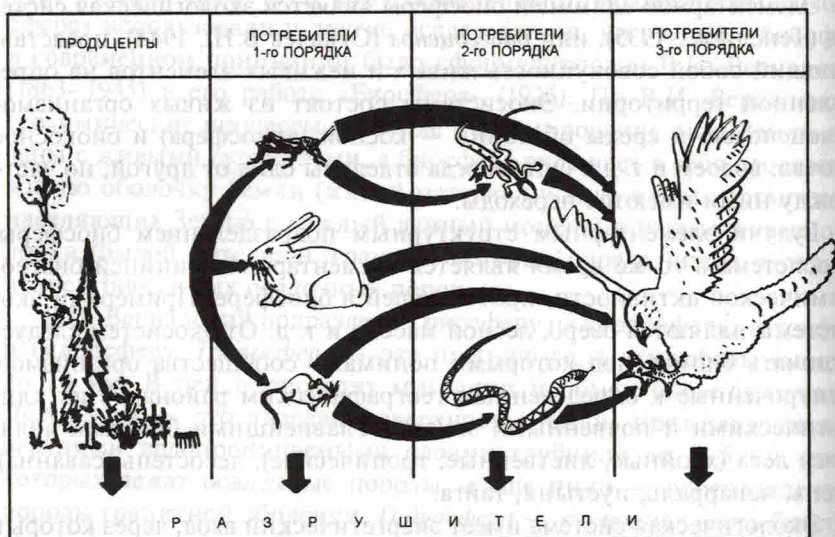


Рис. 122. Экологическая система

Неживой частью (абиотическим компонентом) экосистемы являются воздух, почва, вода, растворенные в воде кислород, двуокись углерода, неорганические соли (фосфаты и хлориды натрия, калия и кальция) и органические соединения, а также температура, свет, ветер и гравитация, которые оказывают влияние на живую часть.

Все элементы экологической системы составляют единую совокупность, и это определяется тем, что они объединены между собой цепями питания, под которыми понимают передачу заключенной в пище энергии первоначального источника (солнца) от организмов-производителей через организмы-потребители (в ряде цепей питания конечным звеном является человек) к организмам-разрушителям. Цепи питания поддерживают также постоянство экосистем. Именно благодаря цепям питания экосистемы устойчивы, чем обеспечивает-

ся экологический гомеостаз в природе, причем устойчивость экосистем имеет исторический характер.

Важнейшей особенностью цепей питания является то, что их количество в каждой экосистеме ограничено, поскольку в каждом звене каждой цепи питания происходит потеря энергии при ее передаче. В результате этого продукция вещества понижается на каждом звене цепи. Например, 10 000 кг водорослей достаточно для накопления вещества в количестве 1000 кг водных членистоногих, а 10 кг массы рыб для накопления 1 кг вещества человека. Таким образом, пищевая цепь представляется в виде пирамиды, состоящей из нескольких трофических уровней (рис. 123). У основания расположены фотосинтезирующие бактерии, которые являются пищей для организмов следующего уровня, а эти организмы служат пищей для последующего уровня и т. д.

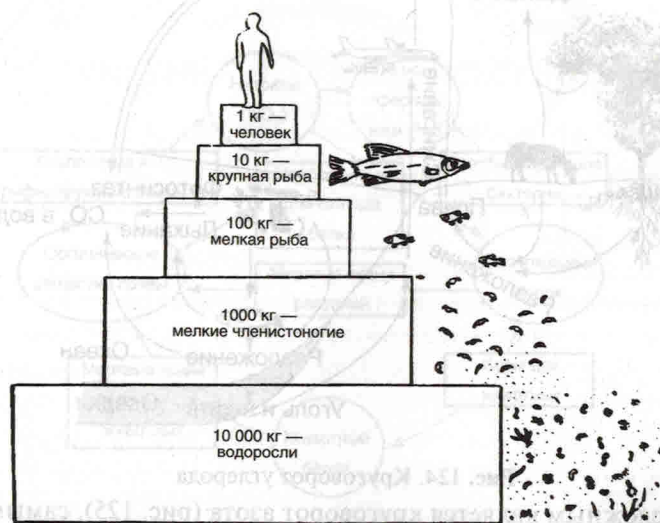


Рис. 123. Пирамида биомассы

Химические механизмы, лежащие в основе пищевых цепей, действуют в форме круговоротов (циклов) веществ. Круговорот углерода (рис. 124), входящего в состав всех органических соединений, начинается с конверсии двуокиси углерода и воды в органическое вещество (пищу). Часть этого вещества используется живыми организмами при дыхании, в результате чего двуокись углерода возвра-

щается в атмосферу, тогда как другая часть запасается в протоплазме. После смерти организмов их протоплазма разлагается, в результате чего двуокись углерода также освобождается в атмосферу. В экологических системах, где принимает участие человек, двуокись углерода поступает в атмосферу и в результате сжигания растений в качестве топлива. Круговорот кислорода заключается в том, что атмосферный кислород используется растениями и животными при дыхании (сжигании пищи), в результате которого освобождаются энергия, вода и двуокись углерода. В дальнейшем зеленые растения используют воду и двуокись углерода в фотосинтезе, при котором освобождается кислород, после чего цикл начинается снова.

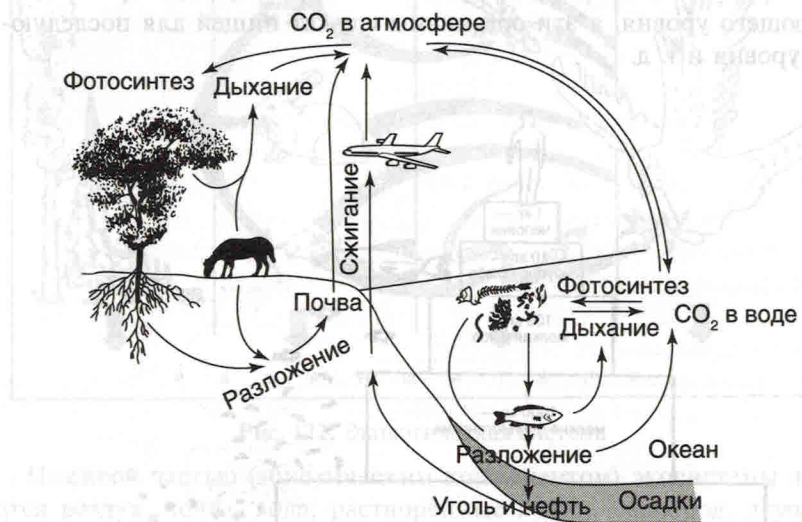


Рис. 124. Круговорот углерода

Более сложным является круговорот азота (рис. 125), самым большим резервуаром которого служит атмосфера (около 80%). Поскольку большинство растений и животных не могут использовать атмосферный азот (N_2), то он конвертируется почвенными азотфиксирующими бактериями, корневой системой бобовых растений и синезелеными водорослями в нитриты (NO_2^-), а затем в нитраты (NO_3^-). Растения восстанавливают нитраты и синтезируют белки. Обилие азотсодержащих соединений характерно для продуктов обмена (моча, NH_3) животных и мертвых материалов органического происхождения.

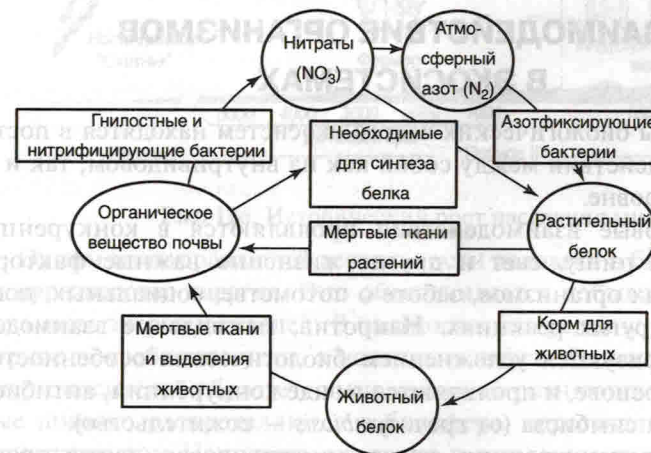
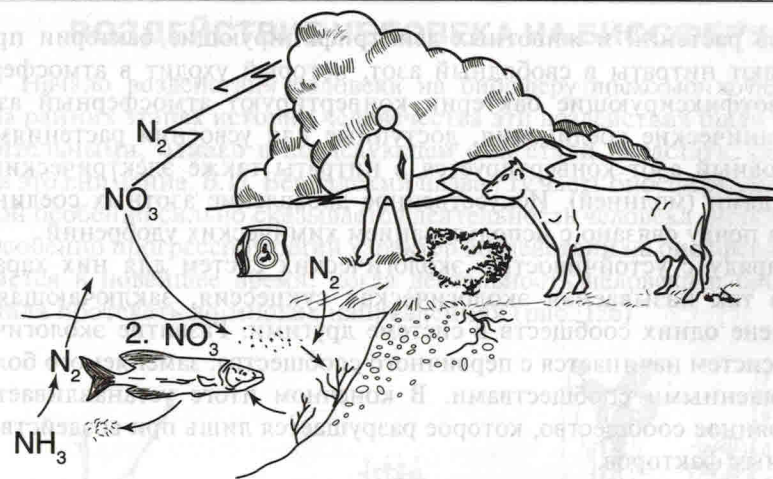


Рис. 125. Круговорот азота

Круговорот азота заключается в том, что почвенные микроорганизмы разрушают животные отходы и останки мертвых организмов, в результате чего освобождается аммоний, который конвертируется нитрифицирующими бактериями в растворимые соли нитратов, используемые в производстве белков в растениях. В результате поедания растений травоядными животными растительные белки в их организме превращаются в животные. В процессе гниения

трупов растений и животных денитрифицирующие бактерии превращают нитраты в свободный азот, который уходит в атмосферу, но азотфиксирующие бактерии конвертируют атмосферный азот в органические соединения, доступные для усвоения растениями. Свободный азот конвертируется в нитраты также электрическими разрядами (молнией). Искусственное добавление азотных соединений в почву связано с использованием химических удобрений.

Наряду с устойчивостью экологических систем для них характерна так называемая экологическая сукцессия, заключающаяся в замене одних сообществ в системе другими. Развитие экологических систем начинается с первичного сообщества, заменяемого более совершенными сообществами. В конечном итоге устанавливается постоянное сообщество, которое разрушается лишь при воздействии сильных факторов.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ В ЭКОСИСТЕМАХ

Компоненты биологических частей экосистем находятся в постоянном взаимодействии между собой как на внутривидовом, так и на межвидовом уровне.

Внутривидовые взаимодействия проявляются в конкуренции организмов за пищу, свет и другие жизненно важные факторы, в скрещиваниях организмов, заботе о потомстве, социальных, поведенческих и других реакциях. Напротив, межвидовые взаимодействия характеризуются усложнением биологических особенностей, лежащих в их основе, и проявляются в виде конкуренции, антибиоза и разных форм симбиоза (от греч. *symbiosis* — сожительство).

Межвидовая конкуренция, как и внутривидовая, также происходит за пищу, свет и другие факторы, сходные для организмов разных видов. Что касается антибиоза (от греч. *anti* — против, *bios* — жизнь), то он проявляется в подавлении организмами одного вида роста и развития организмов другого вида. Типичным примером этого явления служит подавление роста бактерий антибиотическими субстанциями, продуцируемыми другими микроорганизмами. В практике эти субстанции называют антибиотиками.

Различные формы симбиоза проявляются в виде мутуализма, комменсализма, хищничества и паразитизма.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА НА БИОСФЕРУ

Начало воздействия человека на биосферу восходит к неолиту. На ранних этапах истории человечества эти воздействия были незначительными, однако в последующем они стали нарастать. Обратив на это внимание, В.И. Вернадский назвал ту часть биосферы, на которой особенно сильно сказывается деятельность человека, ноосферой. Особенно прогрессирующий характер воздействий на биосферу отмечается в новейшее время, когда деятельность человека в биосфере стала протекать во многих направлениях (рис. 126).

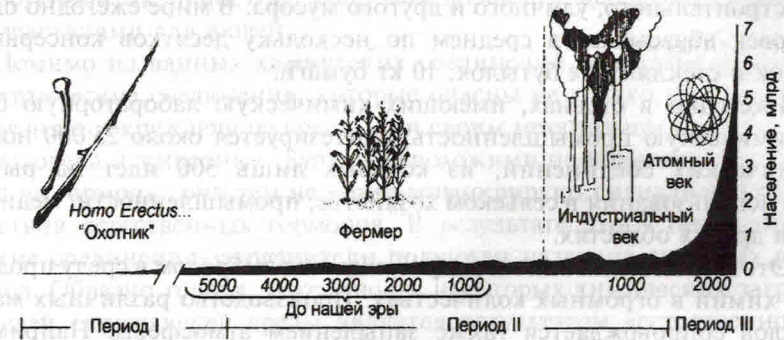


Рис. 126. Исторический рост населения мира

Одним из направлений деятельности человека в биосфере является **производство энергии**. Оно обеспечивается добыванием и использованием энергоносителей. В частности, с середины XIX в. началось бурное потребление угля, а позднее и нефти. Однако при сжигании энергоносителей образуется множество загрязняющих веществ, которые широко распределяются в биосфере, пересекая границы стран и континентов. Например, ежегодно в результате сжигания жидкого и твердого топлива лишь на электростанциях, ТЭЦ и в домовых котельных в атмосферу выбрасывается около 200 млн тонн двуокиси углерода, 146 млн тонн двуокиси серы, 53 млн тонн окислов азота. В то же время в атмосфере уменьшается количество кислорода, увеличивается доля углекислого газа. Подсчитано, что за последние 100 лет концентрация углекислоты в атмосфере возросла на 12%. В результате производства энергии в атмосферу попадает также огромное количество частиц золы, которые содержат канцерогенные вещества (пирен, перилен и др.). Уже к 2000 г. более 50% энергии