

ОГЛАВЛЕНИЕ

Авторский коллектив

Предисловие

Книга 1. Молекулярная цитология

Глава 1. Световая микроскопия. Строение и функция
клеточного ядра

Глава 2. Структурная организация эукариотической клетки.
Строение и функция плазматической мембраны

Глава 3. Закономерности существования клетки во времени

Глава 4. Половые клетки. Мейоз

Книга 2. Общая генетика

Глава 5. Структура и экспрессия гена

Глава 6. Закономерности наследования. Мобильные
генетические элементы

Глава 7. Хромосомная теория наследственности.
Комбинативная и мутационная изменчивость

Глава 8. Фенотипическая изменчивость. Эпигенетическая
модификация

Книга 3. Медицинская генетика

Глава 9. Клинико-генеалогический метод

Глава 10. Хромосомы человека

Глава 11. Полиморфизм генов

Глава 12. Геном человека

Книга 4. Молекулярная биология развития

Глава 13. Общая эмбриология

Глава 14. Генетика раннего эмбриогенеза

Глава 15. Филогенетика живых систем

Глава 16. Генетика и антропология

Книга 5. Среда обитания человека

Принятые сокращения и условные обозначения847

Глава 17. Неживая природа.....848

Глава 18. Микроорганизмы (вирусы и прокариоты)
и их переносчики.....897

Глава 19. Простейшие одноклеточные организмы и их переносчики.....	997
Глава 20. Грибы и грибоподобные организмы.....	1072
Толковый словарь терминов.....	1119
Литература.....	1145
Электронные справочные ресурсы учебника.....	1147
Предметный указатель.....	1149
Именной указатель.....	1151
Книга 6. Медицинская гельминтология	
Глава 21. Эволюция червей и их симбиотических отношений с человеком	
Глава 22. Трематоды	
Глава 23. Цестоды	
Глава 24. Нематоды	
Книга 7. Справочно-методические материалы	
Глава 25. Объединённый толковый словарь терминов	
Глава 26. Объединённая библиография	
Глава 27. Именной указатель	
Глава 28. Предметный указатель	
Глава 29. Принятые сокращения и условные обозначения	
Книга 8. Хрестоматия и дополнительные материалы	
Глава 30. Теория биологии и медицины: предметная область и создатели – исторический ракурс (от Аристотеля до молекулярных биологов)	
Глава 31. Методология и практика научной медицины и врачебного искусства	
Глава 32. Хронология научно-технических и методических достижений в биологии и медицине	
Глава 33. Список лауреатов Нобелевской премии по физиологии или медицине (1901–2021)	
Глава 34. Знаменитые умы о биологии, медицине и науке вообще	

Глава 17

НЕЖИВАЯ ПРИРОДА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Земля как планета Солнечной системы сформировалась около 4,5 млрд лет назад. Общепринято считать, что жизнь на Земле зародилась примерно 3,5 млрд лет назад. В ходе эволюции все живые организмы планеты и среда их обитания (атмосфера, литосфера, гидросфера) объединились в оболочку Земли — биосферу. Впервые понятие биосферы как глобальной экосистемы Земли в 1875 г. сформулировал австрийский геолог Эдуард Зюсс (1831–1914). Современное учение о биосфере, включающее в себя как область распространения живого вещества (живых организмов), так и само это вещество, разработал отечественный учёный Владимир Иванович Вернадский (1863–1945).

Экология

В классическом понимании взаимоотношения живой и неживой природы изучает экология. Термин «экология» предложен в 1869 г. немецким биологом Эрнстом Геккелем (1834–1919) и образован от греческих слов *oikos* — «дом» и *logos* — «наука». Современная экология — фундаментальная междисциплинарная наука, формирующая научное мировоззрение о взаимодействии живых организмов и их сообществ между собой (включая человека и человеческое общество в целом), со средой их обитания, а также круговорот веществ и потоков энергии, поддерживающих жизнь. В связи с многогранностью предмета и методов исследований в экологии принято различать отдельные дисциплины — геоэкологию, биоэкологию, гидроэкологию, ландшафтную экологию, этноэкологию, химическую экологию, радиоэкологию, социальную экологию, экологию человека.

В середине 1970-х гг. на стыке экологии (экология человека) и медицинских дисциплин (гигиена) сформировалось новое направление — медицинская экология (экологическая медицина), комплексная научная дисциплина, изучающая закономерности взаимодействия человека и окружающей среды, устанавливающая причинно-следственные связи между качеством среды и состоянием здоровья, разрабатывающая методы диагностики и профилактики неблагоприятного влияния факторов окружающей среды на человека. Для экологически обусловленных заболеваний характерно длительное воздействие неблагоприятного фактора на очень малом, подпороговом уровне, не чувствительном для организма в момент прямого воздействия.

Экосистема

Основная структурно-функциональная единица в экологии — экосистема как целостный природный комплекс, включающий в себя сообщество различных видов живых организмов (биоценоз) и среды их обитания (эко топ):

- ▶ биоценоз — совокупность живых организмов: животных (зооценоз), растений (фитоценоз), грибов (микоценоз), микроорганизмов (микробиоценоз);
- ▶ эко топ — совокупность абиотических факторов (климатические, почвенно-грунтовые, водные, атмосферные).

Экосистемы различают по происхождению, размеру, месту, круговороту веществ и потоков энергии, поддерживающих жизнь, и другим признакам:

- ▶ микроэкосистемы — муравейник, космический корабль;
- ▶ мезоэкосистемы — лес, река, село, город;
- ▶ макроэкосистемы — океан, континент, островные государства;
- ▶ глобальная экосистема — биосфера как интеграция всех экосистем.

Биосфера

Биосфера включает в себя верхние слои литосферы, гидросферы и нижние слои атмосферы, заселённые живыми организмами. Биосферу образуют следующие типы веществ:

- ▶ косное (неживое) вещество — сформировалось до зарождения жизни на Земле (вода, горные породы магматического происхождения);

- ▶ живое вещество — совокупность всех живых организмов;
- ▶ биогенное вещество — вещество, создаваемое живыми организмами (природный газ, каменный уголь, нефть, торф);
- ▶ биокосное вещество — вещество, создаваемое живыми организмами на основе косного вещества (почва, ил).

Взаимоотношения человека и среды обитания

Среди многочисленных видов и форм взаимодействия человека со средой обитания выделяются два первостепенных аспекта. Первый — влияние окружающей среды на человека, второй — влияние антропогенных факторов на природу. Причём первый аспект был известен уже в античном мире (греко-римская цивилизация) и являлся предметом изучения древнейшей медицинской науки — гигиены, названной в честь богини здоровья Гигиены (от греч. *hygieinos* — «целебный, приносящий здоровье») (рис. 17.1). Гигиенические знания того времени упоминаются в трактате «О воздухах, водах и местностях» основоположника научной медицины Гиппократа, в котором он рассматривает влияние факторов окружающей среды на здоровье человека и их связи с болезнями. За время существования биосфера прошла сложный путь эволюции. С появлением человека и развитием цивилизации стала формироваться ноосфера — «сфера разума». На этом этапе в развитие биосферы включился второй аспект взаимодействия человека со средой обитания — антропогенный фактор.

В связи с вышесказанным в современной экологии существуют две системы взглядов, отражающих *антропоцентрический* и *биоцентрический* подходы к проблеме взаимоотношений человека и среды обитания.

Антропоцентрический (технологический) подход определяет взаимоотношения по правилам, которые устанавливаются самим человеком. Человек, свободный от давления факторов среды обитания, опираясь на свой разум, социальную организацию и технологический прогресс, способен подчинить законы природы своим интересам.

Биоцентрический (экоцентрический) подход в отношении человека и природы основан на том, что человек как биологический вид остаётся зависимым от влияния среды обитания, где действуют естественные законы природы.



Рис. 17.1. Богиня здоровья Гиги́ея — дочь бога врачебного искусства Асклепия. Римская копия (130–161 гг.) со скульптуры Скопаса (360 г. до н.э.). Сегодня чаша со змеей считается символом медицины

Экологические факторы среды обитания

Существование всех живых организмов зависит от условий среды обитания — экологических факторов, оказывающих пря-

мое или косвенное влияние на организм на протяжении его жизненного цикла. В свою очередь, живой организм реагирует на действие экологического фактора специфическими приспособительными реакциями, при которых могут возникать как фенотипические, так и наследуемые адаптации к этим факторам.

Экологические факторы имеют различную природу и специфику действия на разные организмы. Факторы могут быть как жизненно необходимыми, так и вредными для организмов, например могут способствовать или препятствовать выживанию.

Различают два вида экологических факторов среды:

- ▶ абиотические факторы (факторы неживой природы) — химические, физические, климатические, эдафические («относящиеся к почве», от греч. *edaphos* — «почва»), пирогенные и др.;
- ▶ биотические факторы (факторы живой природы) — прямые и опосредованные формы воздействия живых существ друг на друга. Любой организм в реальных условиях постоянно испытывает на себе самое различное влияние других живых систем (фитогенные и зоогенные).

В отдельную категорию экологических факторов выделяют **антропогенные факторы** — любое воздействие человеческой деятельности на природу. Существуют и другие подходы к классификации экологических факторов, например:

- ▶ *по очерёдности* — периодические (первичные и вторичные) и непериодические;
- ▶ *по времени*, например эволюционные, действующие;
- ▶ *по происхождению*, например абиотический, антропогенный;
- ▶ *по среде возникновения*, например атмосферный, биосферный;
- ▶ *по степени воздействия*, например мутагенный, тератогенный, летальный.

Закономерности воздействия экологических факторов на живые организмы

Воздействие различных экологических факторов отличается продолжительностью, периодичностью, интенсивностью, и их

влияние может выходить за пределы зоны толерантности как отдельных особей, так и биологического вида в целом. При этом создаются условия, делающие невозможной нормальную жизнедеятельность организма. Это приводит к естественному отбору и выживанию наиболее приспособленных особей. Человек, являясь частью глобальной экосистемы, так же как и другие организмы, подвергается действию факторов окружающей среды. Здоровье человека зависит от влияния этих факторов, действующих как отдельно, так и в совокупности. За время своего эволюционного развития человек как биологический вид смог адаптироваться к действию большинства из них, и у него сформировался определённый диапазон толерантности.

Закон ограничивающего (лимитирующего) фактора. В естественных условиях среды обитания живые организмы находятся под влиянием одновременно нескольких экологических факторов. При этом наибольшее значение в выживании организма принадлежит фактору, который максимально отклоняется от своего оптимального уровня. Это представление лежит в основе **закона минимума**, сформулированного знаменитым немецким химиком Юстусом фон Либихом в 1840 г.: «Выносливость организма определяется самым слабым звеном в системе его экологических потребностей». При этом наиболее значимым в каждый момент времени является именно тот фактор, к которому организм наиболее уязвим. Образно закон минимума изображают в виде так называемой бочки Либиха, вода из которой начинает переливаться через самую короткую доску (минимально представленный экологический фактор, от которого зависит выживание организма). Длина же остальных досок в связи с указанным не имеет значения (рис. 17.2).

Закон толерантности. Закон минимума Либиха, согласно которому существование вида определяется лимитирующими факторами, находящимися только в минимуме, дополняет закон толерантности Виктора Эрнеста Шелфорда, сформулированный в 1913 г.: «Лимитирующим фактором процветания организма может быть как минимум, так и максимум экологического влияния, диапазон между которыми определяет степень выносливости (толерантности) организма к данному фактору». Другими словами,



Рис. 17.2. «Бочка Либиха». Один из факторов (наследственность, питание, сон, образ жизни, климат, солнечное излучение), представленных как доски деревянной бочки, может стать наиболее значимым и определяющим выносливость организма в данных условиях существования

зона толерантности (предел выносливости) к определённому экологическому фактору ограничена крайними значениями (*точки минимума* и *максимума*) того или иного фактора, при которых возможно нормальное существование конкретного живого организма (рис. 17.3). При этом, согласно «правилу оптимума», наиболее благоприятное (оптимальное) воздействие экологического фактора на живой организм приходится в *зоне оптимума* (нормальной жизнедеятельности). За пределами зоны оптимума находятся *зоны пессимума* (угнетения), отражающие недостаточное или избыточное воздействие экологического фактора. Летальные значения фактора располагаются за пределами зоны толерантности.

Экологическая пластичность (валентность) вида. Характер реакции (адаптации) отдельных индивидуумов одного вида на определённый экологический фактор отличается и зависит от генотипа особи, половых, возрастных и морфо-физиологических особенностей организма. Следовательно, зона толерантности биологического вида определяется совокупностью зон толерантности каждой отдельной особи и представляет собой экологическую пластичность (валентность) вида. По отношению к экологическим

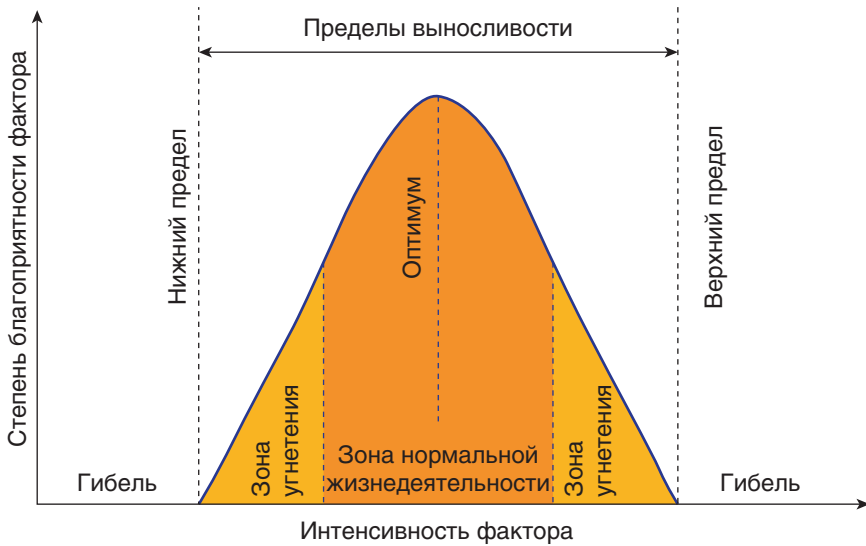


Рис. 17.3. Зависимость действия экологического фактора от его интенсивности [по: Одум Ю., 1986]

факторам экологическая пластичность может иметь широкий (**эврибионтный**) или узкий (**стенобионтный**) диапазон (рис. 17.4).

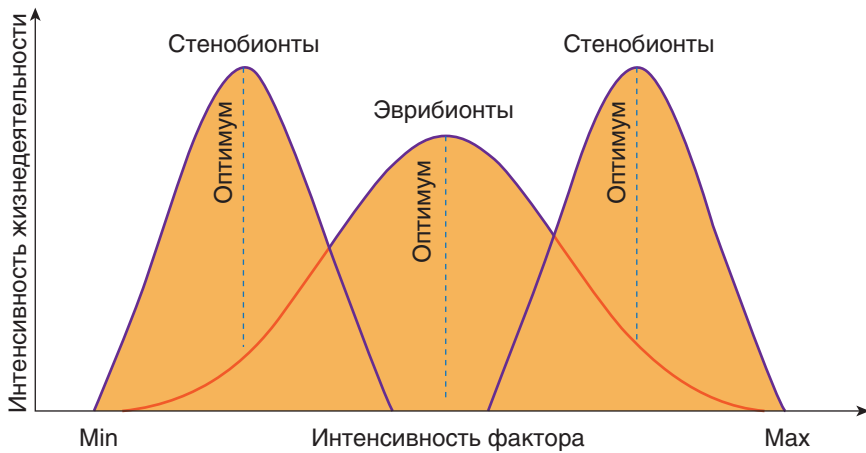


Рис. 17.4. Экологическая пластичность (валентность) вида [по: Одум Ю., 1986]

Абиотические факторы

Абиотические факторы, влиявшие на эволюцию человека в прошлом (солнечное излучение, гравитация, магнитное поле, температура, физико-химические характеристики атмосферы, литосферы и гидросферы), продолжают оказывать на него своё воздействие и в настоящее время. Ряд свойств среды остаётся относительно постоянным на протяжении длительных периодов времени (сила тяготения и магнитное поле Земли, атмосферное давление). Другие экологические факторы, например температура, влажность, газовый состав атмосферы, изменчивы. Приспособительные реакции организмов к тем или иным факторам среды во многом обуславливаются степенью постоянства воздействия этих факторов, то есть их периодичностью. Как уже упоминалось выше, различают первичные и вторичные периодические факторы, а также непериодические факторы.

Первичные периодические факторы (суточная смена освещённости, смена времён года, приливы-отливы, движения атмосферных масс) обусловлены вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Они существовали до появления жизни на Земле и повлияли на эволюцию всех живых систем. Поэтому адаптивные реакции живых организмов на воздействие первичных периодических факторов имеют сходные признаки.

Вторичные периодические факторы (влажность, температура, осадки и др.) являются следствием первичных периодических факторов. По сравнению с первичными, вторичные периодические факторы не являются настолько древними, как первичные. Организмы приспособились к ним не так давно, и их адаптации не являются столь чётко выраженными и одновременно более разнообразными в различных систематических группах.

К непериодическим факторам относятся факторы, не имеющие правильной периодичности, цикличности. К ним относят почвенно-грунтовые факторы, различные стихийные явления (засуха, наводнения, землетрясения, извержения вулканов, лесные пожары и др.).

Человек является обитателем наземно-воздушной среды, которая отличается следующим набором особенностей: в ней много кислорода, много света, выраженные изменения температуры,

незначительные перепады атмосферного давления, особый радиационный фон и др. В ходе эволюции у человека выработались приспособления ко многим из перечисленных факторов. При этом некоторые из факторов к настоящему времени, например изменения температуры, утратили своё первостепенное значение ввиду технического прогресса.

Биофизические основы экологии

Жизнь на Земле подчинена химическим и физическим закономерностям неживой природы (ньютоновский закон всемирного тяготения, законы электромагнетизма, законы идеального газа, закон сохранения массы, периодический закон и др.). Эволюция живой природы из биогенных химических элементов происходила под действием абиотических факторов окружающей среды, таких как атмосфера, литосфера, гидросфера, магнитосфера, гравитация, солнечное излучение. Рассмотрим несколько наиболее важных абиотических экологических факторов, повлиявших на эволюцию и оказывающих существенное воздействие на живые организмы и человека как биологического вида.

Солнечное излучение

Солнечное излучение является основным источником энергии для всех процессов, происходящих на Земле. Оно различается по силе в разных частотных диапазонах. При этом не все спектры излучения достигают поверхности Земли. Часть из них в значительной степени поглощается разными компонентами атмосферы — преимущественно парами воды, углекислым газом и в озоновом слое.

Электромагнитное излучение Солнца включает в себя спектры различных длин волн. По биологическому действию на живые организмы в солнечном излучении выделяют ионизирующий, ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный спектры (рис. 17.5).

Около 9% энергии в солнечном спектре приходится на ультрафиолетовое излучение с длинами волн от 100 до 400 нм. Остальная энергия разделена приблизительно поровну между видимой (400–760 нм) и инфракрасной (от 760 нм до 2000 мкм) областями спектра. Видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения составляют так называемую оптическую область спектра.

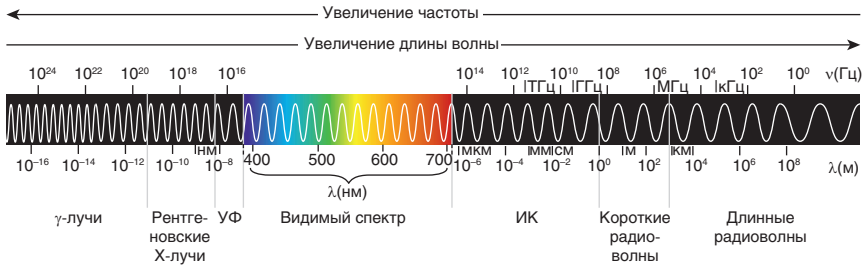


Рис. 17.5. Спектральный диапазон электромагнитного излучения Солнца. Видимый спектр света располагается в диапазоне волн приблизительно от 400 до 760 нм в общем спектре электромагнитного излучения Солнца. УФ — ультрафиолетовое излучение; ИК — инфракрасное излучение

Видимый спектр света

Большая часть солнечного излучения (45%), достигающая поверхности Земли, приходится на **видимую часть спектра** с длиной волны от 400 до 760 нм. Зелёные растения за счёт данного излучения синтезируют органическое вещество в процессе фотосинтеза, а это органическое вещество, в свою очередь, является питательным материалом для других организмов. Большинство животных способно различать спектральный состав света и обладает цветовым зрением. В сетчатке человеческого глаза около 110–125 млн палочек и около 6,8 млн колбочек — специализированных нервных клеток, отвечающих за сумеречное и цветовое зрение соответственно. При попадании квантов света на зрительные пигменты запускается каскад химических реакций, приводящих к возбуждению палочек и колбочек. Они, в свою очередь, активируют цепь других нейронов сетчатки, которые в итоге передают сигнал по зрительному нерву в мозг.

Периферическое зрение, а также ночное (сумеречное, скотопическое) зрение и восприятие подвижных объектов — функции палочек, содержащих зрительный пигмент родопсин, который активируется при длине волны 500 нм. Ген родопсина локализуется в длинном плече 3-й хромосомы. Палочки чувствительны к рассеянному свету и не воспринимают цвет (ахроматичны). Мутации гена родопсина приводят к никталопии — ночной (куриной) слепоте.

Цветовосприятие обеспечивается колбочками, специализированными на дневное зрение и содержащими специфические зрительные пигменты. Существует три типа колбочек [типа L (красные), M (зелёные) и S (синие)], каждый из которых содержит только один из трёх (красный, зелёный и синий) зрительных пигментов. Такая особенность цветопередачи у человека называется *трихромазией*. Зрительный пигмент состоит из апопротеина (опсин), ковалентно связанного с хромофором (11-цис-ретиналь или 11-цис-дегидроретиналь). Спектральная чувствительность красного, зелёного и синего зрительных пигментов различна — соответственно 560, 535 и 440 нм — и определяется первичной структурой апопротеина. Гены, отвечающие за синтез M- и L-пигментов, расположены в половой X-хромосоме. Ген, определяющий синтез S-пигмента, локализуется в соматической 7-й хромосоме.

Биоритмы. Эволюция живых организмов на Земле происходила под влиянием разнообразных факторов абиотической среды, среди которых стабильные периодические изменения освещённости выработали специфические реакции (биоритмы), закреплённые в генетическом материале. Световые условия, связанные с вращением Земли, имеют отчётливую суточную и сезонную периодичность. В связи с этим у человека в процессе эволюции выработались:

- ▶ циркадные (циркадианные, от лат. *circa* — «около» и *dies* — «день») ритмы, или околосуточные ритмы, регулируемые сменой света и темноты;
- ▶ цирканнуальные (годовые) ритмы, зависящие от длины светового дня.

Циркадные ритмы — фундаментальная адаптация живых систем от бактерий до человека, управляющая всеми биохимическими процессами, подстраивая их активность под внешний 24-часовой цикл. Почти все физиологические процессы у организмов, в том числе и человека, имеют суточный ритм с максимумом и минимумом в определённые часы. Гипоталамус и эпифиз (шишковидное тело) являются основными регуляторами биоритмов, например сна и бодрствования, у человека.