

В. Д. ВАЛОВА (КОПЫЛОВА)

ЭКОЛОГИЯ

УЧЕБНИК



В. Д. Валова (Копылова)

ЭКОЛОГИЯ

2-е издание,
переработанное и дополненное

*Рекомендовано уполномоченным учреждением
Министерства образования и науки РФ —
Государственным университетом управления
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по направлению подготовки
«Экономика» и экономическим специальностям*

Регистрационный номер рецензии 18 от 27.02.2009 г.
(Федеральный институт развития образования)

Москва, 2013

УДК 574
ББК 20.1
В51

Автор:

В. Д. Валова (Копылова) — заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор химических наук, профессор.

Рецензенты:

Г. В. Славинская — доктор химических наук, профессор (Воронежский государственный университет);
А. С. Ратушный — доктор технических наук, профессор (Российский университет кооперации).

Валова (Копылова) В. Д.

В51

Экология: Учебник / В. Д. Валова (Копылова). — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. — 360 с.

ISBN 978-5-394-01752-0

Учебник состоит из четырех разделов. В первом разделе рассматриваются живые системы на всех уровнях их организации, но основное внимание уделяется надорганизменным уровням организации живых систем во всем единстве и неразрывности многочисленных связей, закономерностям их проявления (общая экология). Второй раздел посвящен экологии биосферы (глобальная экология), третий — экологии человека.

В четвертом разделе рассматриваются экологические проблемы современности, причины возникновения и способы снижения их воздействия на природную среду и предотвращения экологического кризиса (прикладная экология).

Для студентов гуманитарных и экономических специальностей.

УДК 574
ББК 20.1

ISBN 978-5-394-01752-0

© Валова (Копылова) В. Д., 2009
© ООО «ИТК «Дашков и К°», 2009

Содержание

От автора	5
Предмет экологии. Цели и задачи	8
<i>Контрольные вопросы</i>	12
Раздел 1. Общая экология	13
1.1. Признаки, функции и свойства живых систем	13
1.2. Уровни организации живых систем	23
1.3. Популяционно-видовой уровень	25
1.4. Экосистемный (биогеоценозный) уровень	28
1.5. Биотическая структура природных экосистем	35
1.6. Термодинамика живых систем	39
1.7. Взаимодействия организмов в экосистемах	43
1.8. Основные экологические факторы среды	53
1.9. Основные принципы функционирования природных экосистем	62
1.10. Устойчивость экосистем и их изменение	80
<i>Контрольные вопросы</i>	87
Раздел 2. Экология биосферы (глобальная экология)	88
2.1. Эволюция биосферы	88
2.2. Состав и структура биосферы	102
2.3. Основные свойства и функции биосферы	111
<i>Контрольные вопросы</i>	125
Раздел 3. Экология человека	126
3.1. Биосоциальная природа человека	126

3.2.	Эволюция человека	129
3.3.	Среда жизни человека	137
3.4.	Потребности людей	145
3.5.	Здоровье человека	154
3.6.	Человек и экология	169
	<i>Контрольные вопросы</i>	174
Раздел 4.	Прикладная экология	175
4.1.	Проблема народонаселения и пути ее решения	175
4.2.	Важнейшие экологические проблемы современности и их тенденции	195
4.3.	Экологические проблемы гидросферы	209
4.4.	Экология атмосферы	238
4.5.	Почвенная экосистема. Потеря почвы и борьба с ней	265
4.6.	Природопользование: состояние и проблемы	281
4.7.	Твердые отходы	298
4.8.	Затратно-прибыльный механизм природоохранных мероприятий	309
4.9.	Экологическое законодательство Российской Федерации	313
	Словарь терминов и определений	331
	Литература	358

От автора

Мировое сообщество, подводя итоги XX столетия, пришло к выводу о том, что угроза существованию человечества находится не столько в области атомной энергетики, сколько в катастрофической экологической ситуации. Как ни парадоксально, но главным врагом человечества сегодня стал сам человек. Символом нашего времени являются уже не полеты в космос, а загрязнение воды, воздуха, почвы, растущие горы промышленного и бытового мусора, постепенное превращение Земли в мусорный полигон. Возникла опасность глобальных экологических катастроф, которые могут привести к гибели разумной, высокоорганизованной материи, а возможно, и к гибели всего живого на нашей планете, т. е. к разрушению биосферы, ее *биоты* — живой материи, которая возникла около 4 млрд лет назад. Именно поэтому в настоящее время особую озабоченность прогрессивного человечества вызывает проблема сохранения планеты Земля в качестве среды обитания человека.

Данные о современном состоянии природной среды и наблюдающиеся тенденции носят угрожающий характер, и, как следствие, словосочетание “экологический кризис” вызывает ощущение надвигающейся опасности. Сложность и взаимозависимость природных и хозяйственных систем возрастает. Понимание этих связей необходимо для специалиста XXI в. Выживание и благополучие человечества в значительной степени зависят от экологической грамотности специалистов самых разных направлений современной техники, технологии, управления, экономики промышленности и сельского хозяйства.

Для воспитания экологически грамотного специалиста в учебные планы высших учебных заведений включена дисциплина “Экология”, на изучение которой отводится до 100 часов, в том числе аудиторных занятий — до 40 часов.

Основной целью учебника является изложение тех основ экологии, с которыми должен быть знаком каждый обучающийся вне зависимости от его специальности. Учебник возник не на пустом месте, а на основе 15-летнего опыта преподавания экологии на товароведном и экономическом факультетах Российского университета кооперации. Этот опыт был обобщен в учебном пособии “Основы экологии”, выдержавшем 5 изданий общим тиражом более 15 тыс. экземпляров.

В настоящем издании структура учебника осталась прежней. Учебник содержит четыре раздела. В первом разделе (общая экология) рассматриваются живые системы: определение, признаки, функции, уровни их организации, основные закономерности их функционирования.

Особое внимание в учебнике уделяется надорганизменным живым системам (популяциям, экосистемам), в результате чего окружающий нас мир предстает во всем его единстве и неразрывности многочисленных связей.

В отдельный раздел вынесена экология биосферы (глобальная экология); в нем показаны состав, строение, свойства и функции биосферы как глобальной экосистемы, в которой все процессы взаимосвязаны и взаимозависимы.

Эволюция человека, его принципиальное отличие от других видов, причины и последствия антропогенного влияния на биосферу рассматриваются в третьем разделе учебника.

Четвертый раздел учебника (прикладная экология) посвящен экологическим проблемам современности, причинам их возникновения и способам снижения антропогенного и техногенного воздействия на биосферу.

По окончании изучения курса экологии специалист должен хорошо понимать, что экологический кризис, поставивший человечество на грань катастрофы, вызван не научно-тех-

ническим прогрессом, а недостаточным знанием законов функционирования биосферы и их нарушением.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность рецензентам — профессору, доктору технических наук А. С. Ратушному и профессору, доктору химических наук Г. В. Славинской за советы и замечания, способствовавшие улучшению учебника.

Предмет экологии. Цели и задачи

Термин “экология” был введен Эрнестом Геккелем в 1866 г. Он происходит от греческих слов *oikos* — дом, обитание, жилище и *logos* — слово, учение, наука. **Экология — наука о среде обитания или наука о взаимоотношениях живых организмов и образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой (средой обитания).**

Под взаимоотношениями при этом понимается как влияние среды на организмы, так и влияние организмов на среду, так как именно в результате этого взаимодействия формируется среда обитания.

Экология является разделом биологии — науки о живой материи. В ее рамках экология развивалась почти до 60–70-х гг. XX в. Человек при этом не рассматривался. Считалось, что его взаимодействие со средой обитания подчиняется не биологическим, а социальным закономерностям, и сам он является объектом изучения общественно-философских наук. Примерно с середины XX в. предмет экологии значительно расширился в связи с усилением воздействия человека на природу. Термин “экология” приобретает социально-политический и философский аспект, и экология становится социально-естественной наукой, требующей знаний естественных (физики, химии, биологии, географии, психологии) и социальных наук (экономики, философии, права и т. д.).

В последнее время, когда человечества коснулась угроза глобального экологического кризиса, произошло быстрое расширение экологии и ее внедрение в другие естественные, гуманитарные и социальные науки. Этот процесс внедрения идей и проблем

экологии в другие науки получил название “**экологизация**”. Экологизация отвечает потребности общества в объединении науки и практики для предотвращения экологической катастрофы.

Все живое на Земле, в том числе и человек, зависит от сохранения целостности биосферы. Если слишком изменить какую-либо из ее составляющих, она может полностью разрушиться. Не исключено, что атмосфера, гидросфера и литосфера при этом сохранятся, но в их взаимоотношениях не будет участвовать человек. Каким образом человечество угрожает целостности биосферы и что следует делать, чтобы предотвратить эту катастрофу? Ответы на эти вопросы невозможно дать без основательных знаний о живых и неживых компонентах биосферы, их взаимодействиях и взаимоотношениях, поддерживающих ее существование как единого целого.

Отсюда следует, что на современном этапе развития общества экология превратилась в одну из ведущих социально-естественных наук, целью которой является получение представлений об основных закономерностях функционирования биосферы, о том, как человечество, нарушая эти закономерности, угрожает целостности биосферы и что следует делать для предотвращения глобальной катастрофы.

Главные теоретические и практические задачи экологии — вскрыть закономерности процессов, происходящих в природе, и определить основные принципы рационального взаимодействия общества и природы.

Решение этих задач предполагает следующее:

1. Мониторинг состояния природы планеты и ее ресурсов, определение порога выносливости биосферы по отношению к антропогенной и техногенной нагрузкам.

2. Разработку прогнозов изменения биосферы и состояния окружающей среды в зависимости от социального и экономического развития человечества.

3. Отказ от природопокорительной идеологии и формирование новой идеологии, направленной на экологизацию природопользования, экономики, политики и образования для выхо-

да из экологического кризиса, который приобретает глобальное значение.

В настоящее время экология становится интегрированной социально-естественной наукой, в которой выделяются в данном учебнике ее основные направления, являющиеся целым рядом научных дисциплин, среди которых важнейшими являются:

1. Общая экология устанавливает общие закономерности функционирования экологических систем.

2. Биоэкология — экология естественных биологических систем.

3. Геоэкология изучает взаимодействие организмов со средой обитания с позиции их географического расположения.

4. Популяционная экология изучает связи внутри популяции, т. е. между организмами, которые относятся к одному виду и живут на одной территории (стая волков, сосновый лес и т. д.).

5. Промышленная экология рассматривает воздействие промышленности на природу.

6. Химическая экология рассматривает влияние химических веществ на живые организмы и неживую природу, химические взаимодействия между живой и неживой природой.

7. Социальная экология изучает связи между общественными структурами (семьей, национальными образованиями, государственными структурами и др.).

8. Прикладная экология комплекс дисциплин, связанных с различными областями деятельности человека и его влияния на природную среду, прогнозирует основные тенденции этого влияния и разрабатывает принципы рационального природопользования.

Экология также подразделяется по объектам исследования:

Аутоэкология использует взаимодействие отдельной особи или отдельных групп особей одного вида со средой обитания и между собой, их поведение как бы в изоляции от других компонентов системы и вне этой системы.

Демэкология (популяционная экология) изучает популяцию и среду ее обитания.

Синэкология изучает биологические особенности целого сообщества организмов (биотическое сообщество, экосистему и их среду), прогнозирует его поведение и численность, его взаимоотношение с остальными компонентами системы.

Глобальная экология изучает состав, структуру, свойства, функции биосферы, ее взаимодействие с природными, социальными и космическим факторами.

Кроме того экология классифицируется:

1. По конкретным объектам. Выделяют экологию человека, животных, растений, микроорганизмов.

2. По средам обитания. Различают экологию почвы, пресных и морских водоемов, высокогорий, тундры и т. д.

По мнению Н. Ф. Реймарса, всех видов экологии, которые появились в последние годы, более 100.

В данном учебнике по экологии мы выделяем четыре раздела.

- **Общая экология** изучает условия существования, свойства, закономерности взаимодействия живых организмов и их сообществ между собой и окружающей средой, т. е. устанавливает общие закономерности функционирования экологических систем.

- **Глобальная экология** изучает состав, структуру, свойства, функции биосферы и ее взаимодействие с природными, космическими и социальными факторами.

- **Экология человека** рассматривает систему связей человека с природной и социальной средой, факторы, определяющие здоровье человека, продолжительность его жизни.

- **Прикладная экология** изучает экологические проблемы современности, прогнозирует основные тенденции развития взаимодействия человечества с природной средой и разрабатывает принципы рационального природопользования.

Для успешного решения задач, стоящих перед обществом в области охраны биосферы, большое значение имеет экологическое воспитание и образование людей начиная с семьи, детского сада, в школе и вузе. Изучение экологии — составная часть высшего образования, в том числе при подготовке специалис-

тов различных отраслей экономики, потребительской кооперации. Экологические знания открывают жизненно важные стороны действительности, содействуют изменению образа жизни, культуры человека. Изучение экологии позволит получить представление об основных закономерностях функционирования экосистем и биосферы и применять эти знания для правильной оценки состояния окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов; усвоить основные принципы стратегии защиты природной среды от загрязнения; узнать о методах контроля за состоянием окружающей среды и ответственности граждан за экологические нарушения.

Экология должна указать человечеству путь к созданию общества устойчивого развития, в котором природопользование *рационально*, т. е. ресурсы не истощаются, среда не загрязняется и процветание нашего поколения не лишает потомков возможности нормальной жизни.

Контрольные вопросы

1. Каковы предмет, цель и задачи экологии?
2. В чем причина необходимости экологического образования и воспитания граждан начиная с детского возраста?
3. Почему экология является социально-естественной наукой?
4. Какие способы классификации экологии как науки существуют? Перечислите основные из них.

Раздел 1

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Земля уникальна среди планет Солнечной системы, она является живой планетой, на которой развилась грандиозная по своему своеобразию, разнообразию и общей массе жизнь. Тонкий слой, где встречаются и взаимодействуют воздух, вода, земля и живые существа, называется **биосферой**. Живое вещество биосферы — **биота** (совокупность растений, животных, микроорганизмов) обладает уникальными особенностями, обуславливающими его чрезвычайно высокую преобразующую деятельность. Неживая часть биосферы — **абиота**. Любые живые системы (организмы) обладают определенными признаками, свойствами, закономерностями функционирования. Все это изучает **биология** — совокупность наук о живой материи. Экология, будучи одним из разделов биологии, изучает определенные (надорганизменные) уровни организации живой материи, в том числе и биосферу.

Без знания признаков, свойств, закономерностей функционирования живых систем нельзя понять закономерности функционирования биосферы.

1.1. Признаки, функции и свойства живых систем

Живой мир чрезвычайно сложен и многообразен. Существуют различные уровни организации живой материи (рис. 1.1): клетка, ткань, орган, организм, сообщество организмов (биоценоз), экосистемы (биогеоценозы), биосфера, каждый из которых изучает

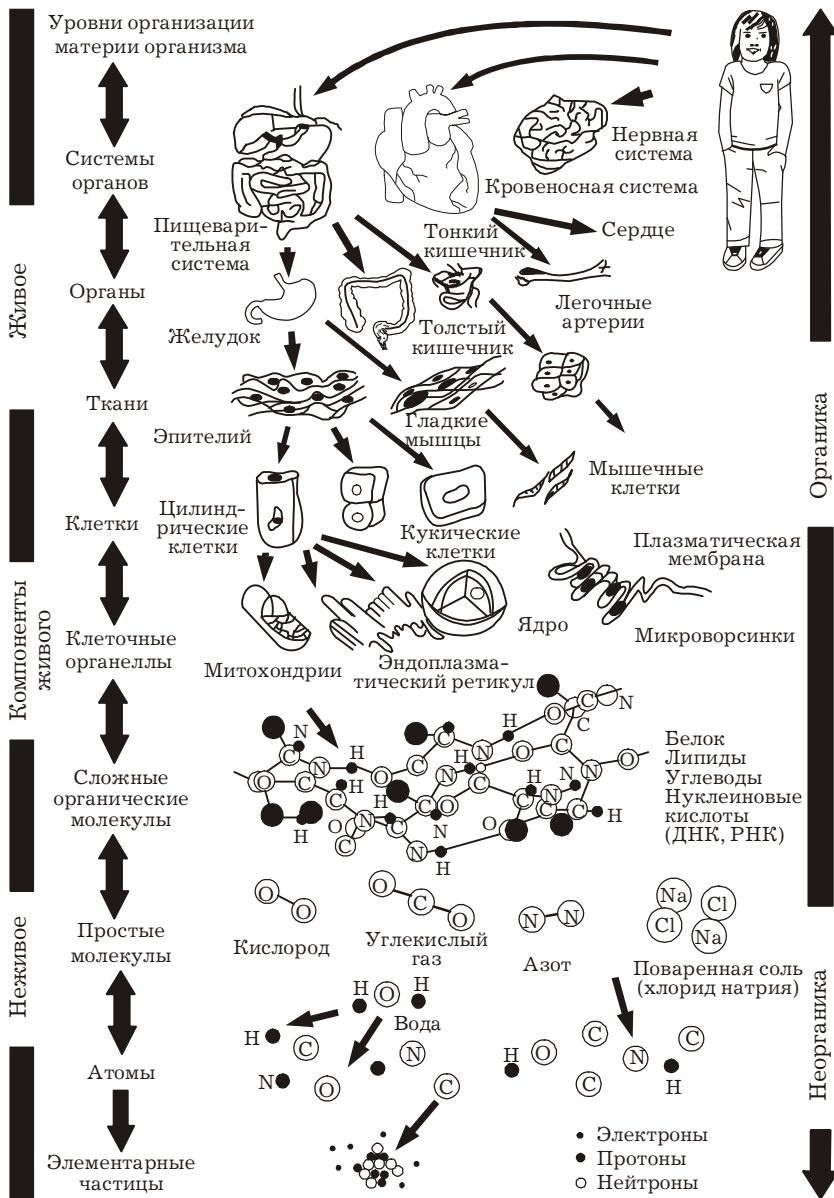


Рис. 1.1. Уровни организации неживых и живых систем (Б. Небел)

и описывает соответствующий раздел биологии. Но независимо от уровня организации живых систем они сильно отличаются от неживых систем своей исключительной сложностью и высокой структурной функциональной упорядоченностью.

Живое представляет собой особую ступень развития материи. Дать строгое определение жизни очень сложно. Более ста лет назад Ф. Энгельс писал, что жизнь — это способ существования белковых тел и этот способ существования состоит в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел.

Все живые организмы — многоэлементные, всем им присуща совокупность взаимодействующих элементов. Эта совокупность образует целостный объект с новыми качествами, которые не присущи исходным элементам.

Все живые системы обладают следующими свойствами:

- ◆ состоят из множества элементов;
- ◆ существуют связи между элементами живой системы, а также с внешней средой;
- ◆ наличие связей между элементами обуславливает согласованную организацию элементов системы, которая направлена на осуществление функций системы.

Составные элементы еще не образуют целостную систему (например, клетки, ткани, органы, системы органов — это элементы живой системы; живая система — это организм). Только соединение элементов в определенном порядке, который сложился в процессе эволюции, и их взаимодействие образуют целостную живую систему.

Признаки живых систем

Все живые системы обладают следующими основными признаками:

1. *Единство химического состава.* В живых организмах 98% химического состава приходится на 6 элементов (макробиогены): около 60% кислорода, около 20% углерода, около 10% водорода, 3% азота, 3,5% кальция, 1% фосфора. Их легко запомнить, если записать химические символы элементов так, чтобы они читались как одно слово CHNOPS (“чнопс”).

Для сравнения, неживая природа состоит (вес, %):

- ◆ атмосфера — 78% азота и 21% кислорода;
- ◆ литосфера — 34,6% железа, 29,5% кислорода, 15,2% кремния, 12,7% магния;
- ◆ гидросфера — 88,9% кислорода и 11,1% водорода.

2. Живые системы содержат *совокупность сложных биополимеров* (белки, нуклеиновые кислоты, ферменты, витамины и др.).

3. Это *открытые системы*, т. е. системы, которые не могут существовать без постоянного притока энергии в виде пищи, света и т. п. (используют внешние источники энергии). Все живые системы способны к обмену веществами с окружающей средой, поглощая из нее вещества, необходимые для питания, и выделяя во внешнюю среду продукты жизнедеятельности.

Через живые организмы проходят потоки энергии и веществ, в результате чего в системах осуществляется обмен веществ — **метаболизм** (от греч. *metabole* — превращение).

Метаболизм включает процессы **анаболизма** (от греч. *anabole* — подъем) (синтез веществ, или ассимиляция) и **катаболизма** (от греч. *katabole* — разрушение) (распад сложных веществ, или диссимиляция). В процессах анаболизма под действием ферментов происходит синтез сложных веществ из более простых с накоплением энергии. Наиболее важный процесс анаболизма — это фотосинтез.

При катаболизме происходит высвобождение энергии, заключенной в химических связях крупных органических молекул, и накопление ее в форме богатых энергией фосфатных связей АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты). К числу катаболических процессов относятся дыхание, гликолиз, брожение. Конечными продуктами катаболизма являются углекислый газ CO_2 , вода H_2O , аммиак NH_3 и др. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава внутренней среды организма (*гомеостаз*) и, как следствие, постоянство его функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

4. Живые системы — *высокоорганизованные и упорядоченные системы*, в которых энтропия остается на одном уровне

($\Delta S = 0$), т. е. они способны противостоять действию второго закона термодинамики — увеличению энтропии ($\Delta S > 0$). Это возможно только за счет непрерывной работы, в процессе которой происходит обязательное рассеивание энергии. Живые системы устойчивы при жизни и быстро разлагаются после смерти (энтропия возрастает: $\Delta S \rightarrow \infty$).

5. Жизнь на Земле проявляется в виде *дискретных форм*. Дискретность — всеобщее свойство материи. **Дискретность** живого означает, что отдельный организм или сообщество организмов состоят из отдельных изолированных, но тесно связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно-функциональное единство. Так, клетка включает пространственно изолированное ядро, митохондрии, аппарат Гольджи и т. д.; высокоорганизованный организм включает пространственно отграниченные органы, которые, в свою очередь, состоят из клеток; любой вид организмов представлен отдельными особями.

Дискретность живых систем является основой их структурной упорядоченности и создает возможность самообновления путем замены “износившихся” структурных элементов (молекул, органоидов клеток, целых клеток и т. д.) без прекращения выполняемой функции.

6. Живые системы — *самовоспроизводящиеся* системы. Живые системы существуют конечное время. Поддержание жизни происходит благодаря самовоспроизведению, в результате чего сохраняется жизнь вида. В основе самовоспроизведения лежит образование новых молекул и структур по генетической программе, которая заложена в ДНК клеток.

Наследственность заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойства и способности развития из поколения в поколение.

7. Живые системы — *самоуправляющиеся, саморегулирующиеся и самоорганизующиеся* системы.

Саморегуляция — свойство живых систем автоматически устанавливать и поддерживать на определенном уровне те или иные показатели системы (рН, температуру, содержание воды, углекислого газа и т. д.), т. е. обеспечивать **гомеостаз**.

Самоорганизация — свойство живой системы приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды за счет изменения структуры своей системы управления. Это изменение происходит в процессе переработки поступающей из внешней среды информации, т. е. живые системы — **самоуправляющиеся**.

8. Живые системы способны к **росту и развитию**. **Рост** — увеличение в размерах и массе с сохранением общих черт и качеств системы (органа, организма и т. д.). Рост живой системы сопровождается **развитием**, т. е. возникновением новых качеств и черт. Развитие может быть индивидуальным и историческим. *Индивидуальное* развитие (онтогенез) — последовательное проявление в процессе роста всех свойств организма.

Историческое развитие (*филогенез*), т. е. необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождается образованием новых видов и прогрессивным усложнением формы жизни от оплодотворения до смерти. Историческое развитие живых систем связано с их изменчивостью.

9. **Изменчивость** — свойство, противоположное наследственности и связанное с приобретением организмом (живой системой) новых свойств и признаков под воздействием внешних факторов в результате самоуправления.

В основе наследственной изменчивости лежат изменения ДНК. Изменчивость создает разнообразный материал для отбора наиболее приспособленных особей к конкретным условиям существования, что приводит к появлению новых видов живых организмов, т. е. к *эволюции* живых систем.

10. Живым организмам характерна **ритмичность**, т. е. периодические изменения интенсивности физиологических функций с различными периодами колебаний. Хорошо известны суточные ритмы сна и бодрствования; сезонные ритмы активности и спячки некоторых млекопитающих.

11. Живая система — *динамическая* система, которая активно воспринимает и преобразует молекулярную информацию с целью самосохранения.

Кроме указанных основных признаков имеются и другие, которых, по данным разных ученых, насчитывается 20–30. Специфика живых систем состоит в том, что ни один из перечисленных признаков не является главным. Только наличие совокупности всех указанных признаков позволяет провести границу между живыми и неживыми системами.

Современный отечественный ученый М. И. Вилькинштейн дал такое определение жизни: живые организмы, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот.

Вопрос о сущности жизни до сих пор является дискуссионным. Единственный способ дать определение живому — перечислить основные признаки живых систем. Отсюда следует, что живое представляет собой особую ступень развития материи.

Функции живых систем

Функционирование живых систем основано на потоках вещества (В), энергии (Э) и информации (И). Передача и преобразование информации и связанные с ней регулирование и управление характерны только для живых организмов и их систем. На этом представлении основано одно из новейших определений жизни. М. И. Штеренберг в 1996 г. писал, что жизнь — сигнальная активная форма существования системы.

Все современные концепции развития жизни относятся к трем основным типам: субстратные (по веществу), энергетические и информационные. Исключение какого-либо одного элемента из этой триады (В + Э + И) не позволяет правильно описать ход эволюции: при исключении В — не ясно, *кто* эволюционирует; при исключении Э — не ясно *куда*; при исключении И — не ясно *как*.

Соотношение между потоками вещества, энергии и информации в любой живой системе, а также в технологическом производстве, экономике, социальных структурах по существу

определяет важнейшие количественные характеристики деятельности этих систем.

Как следствие, живые системы обладают совокупностью следующих функций:

1. *Питание*. Пища нужна всем живым системам как источник энергии и веществ, необходимых для строительства органов (тела).

Растения сами создают питательные вещества, используя неорганические вещества неживой природы (кислород O_2 , вода H_2O , углекислый газ CO_2 , нитрат-ионы NO_3^- , ионы аммония NH_4^+ , фосфат-ионы PO_4^{3-} и т. д.) и солнечную энергию, т. е. являются **автотрофами**.

Все остальные организмы (животные, рыбы, птицы, грибы, микроорганизмы и др.), которые используют органические вещества других организмов, — **гетеротрофы**. Источником энергии для гетеротрофов является энергия химических связей пищи.

Питание — процесс анаболизма.

2. *Дыхание* — процесс катаболизма (получения энергии при расщеплении в организме сложных веществ и ее накопления в виде АТФ). Энергия расходуется на синтез необходимых клетке веществ (анаболизм).

3. *Выделение* — выведение из организма конечных продуктов обмена (экскрементов или “шлаков”).

4. *Раздражимость* — реагирование на изменение внешней и внутренней среды (растения поворачивают листья к свету, животные чувствуют голод, жажду, холод или жару и т. д.). Раздражимость связана с передачей информации из внешней среды к живой системе и проявляется в виде реакции системы на внешнее воздействие. Благодаря этому свойству организмы избирательно реагируют на изменение условий внешней и внутренней среды.

Реакция многоклеточных животных на раздражение осуществляется с участием нервной системы и называется **рефлексом**.

Совокупность 1–4 функций позволяет определить жизнь как постоянный обмен организмов с окружающей средой.

5. *Размножение*. Каждый отдельный организм смертен, но живое нацелено на бессмертие. Это обеспечивается тем, что живые системы (существа) производят другие (подобные себе) живые системы. При этом у потомства сохраняются главные признаки родителей (предков), т. е. живые системы являются носителями информации обо всех свойствах и функциях собственного организма и потомства.

В основе самовоспроизведения лежат реакции матричного синтеза, т. е. образование новых молекул и структур на основе информации, заложенной в последовательности нуклеотидов ДНК.

Академик В. А. Энгельгардт писал, что наиболее глубокое отличие живого от неживого состоит в способности живого создавать порядок из теплового движения молекул.

6. *Рост* — в отличие от кристаллов, растущих снаружи, живые системы растут как бы изнутри, включая питательные вещества в структуру своего тела.

7. *Подвижность* — перемещение в пространстве всей системы и движение внутри системы (движение соков в растениях, крови у животных и т. д.).

В отличие от неживой природы, живые системы легко разрушаются под действием химических и физических факторов. Именно этим объясняется отсутствие жизни на других планетах Солнечной системы, а на Земле — в литосфере на глубине более 3 км и в атмосфере на высоте выше озонового слоя.

Классификация живых организмов

Выделяют две большие группы организмов: прокариоты (доядерные) и эукариоты (полноядерные).

Прокариоты (около 5000 видов) — самые низкоорганизованные организмы, не обладающие оформленным клеточным ядром и типичным хромосомным аппаратом. Наследственная информация реализуется и передается через ДНК; типичный половой процесс отсутствует. К ним относятся бактерии, в том числе цианобактерии (сине-зеленые водоросли).

Эукариоты — организмы (все, кроме бактерий и сине-зеленых водорослей), обладающие оформленным клеточным ядром, отграниченным от цитоплазмы ядерной оболочкой. Генетический материал заключен в хромосомах; характерен половой процесс размножения.

Мир растений, животных и грибов отличается многообразием форм, масс, размеров. Так, размеры растений изменяются от микроскопических — у одноклеточных растений (фитопланктона) — до размеров самых больших деревьев (секвойя вечнозеленая достигает высоты 110–112 м и диаметра 6–10 м); размеры животных изменяются от размеров мельчайшего плавающего зоопланктона до размеров слона или голубого кита, масса которого доходит до 1500 кг.

Свойства живого вещества

Академик В. И. Вернадский совокупность всех живых организмов назвал **живым веществом**.

Живое вещество — основа биосферы, хотя и составляет незначительную ее часть. К основным уникальным свойствам живого вещества, обуславливающим его высокую средообразующую деятельность, относятся следующие.

1. Способность быстро осваивать (занимать) все свободное пространство.

В. И. Вернадский назвал это свойство *“всюдность жизни”*. Это свойство живого вещества дало ему основание сделать вывод, что для разных геологических периодов количество живого вещества на Земле было примерно постоянным (*“константность”* живого вещества).

2. Способность двигаться не только пассивно (под действием гравитации), но и активно. Например, против течения воды, силы тяжести и др.

3. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти.

4. Высокая приспособительная способность (*адаптация*) к разным условиям и в связи с этим освоение не только всех сред

жизни (водной, воздушной, почвенной), но и трудных по физико-химическим параметрам условий (температурным, радиационным и др.).

5. Очень большая скорость протекания реакций. Она на несколько порядков выше, чем в неживом веществе.

6. Высокая скорость обновления живого вещества. Подсчитано, что в среднем для биосферы она составляет 8 лет, при этом для суши — 14 лет, а для океана — 33 дня. В результате высокой скорости обновления за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли.

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии. По мнению В. И. Вернадского, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать лишь образующаяся при извержении вулканов лава.

1.2. Уровни организации живых систем

Если распределить всю живую биомассу по поверхности Земли, то она образует тонкий слой толщиной примерно 2 см. Можно выделить следующие уровни организации живых систем (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Уровни организации живых систем и их иерархия

Уровень организации живых систем	Иерархическая ступень живых систем
1. Молекулярный 2. Клеточный	Биологическая микросистема
3. Тканевый 4. Органный 5. Организменный	Биологическая мезосистема
6. Популяционно-видовой 7. Биogeоценозный (экосистемный) 8. Биосферный	Биологическая макросистема

Каждая живая система состоит из единиц подчиненных ей уровней организации и, в свою очередь, является единицей, входящей в состав живой системы, которой она подчинена. Например, организм состоит из органов, органы — из тканей, ткани — из клеток, клетки включают белки, ДНК, РНК, АТФ и т. д.; в свою очередь, организм входит в состав надорганизменных биосистем (популяций, биоценозов, биогеоценозов, биосферы).

Существование жизни на всех уровнях подготавливается и определяется структурой нижнего уровня: характер клеточного уровня — молекулярным уровнем; организменного — клеточным, популяционно-видового — организменным, биогеоценозного (экосистемного) — популяционно-видовым, биосферного — экосистемным.

Все перечисленные выше свойства живых систем реализуются уже на клеточном уровне. Однако полнота всех естественных проявлений жизни представлена только на двух последних уровнях — экосистемном и биосферном, так как ни одна клетка, ни один организм, ни один вид не могут существовать без множества других клеток, организмов, видов и создаваемых ими условий среды.

Экология изучает надорганизменный уровень организации живой материи. На рис. 1.2 приведен биологический спектр биосферы, который имеет ступенчатый характер.

Экология изучает популяционно-видовой, экосистемный (биогеоценозный) и биосферный уровни организации живых систем. Между этими уровнями нет резких границ или разрывов, поскольку все они взаимосвязаны.

В зависимости от изучаемого уровня организации сообществ живых организмов, экология подразделяется на несколько взаимосвязанных разделов:

1) **аутоэкология** исследует индивидуальные связи отдельного организма со средой;

2) **популяционная экология (демэкология)** изучает связи внутри популяции, т. е. между организмами, которые относятся к одному виду и живут на одной территории (муравейник, сосновый бор, стадо тюленей и т. д.);

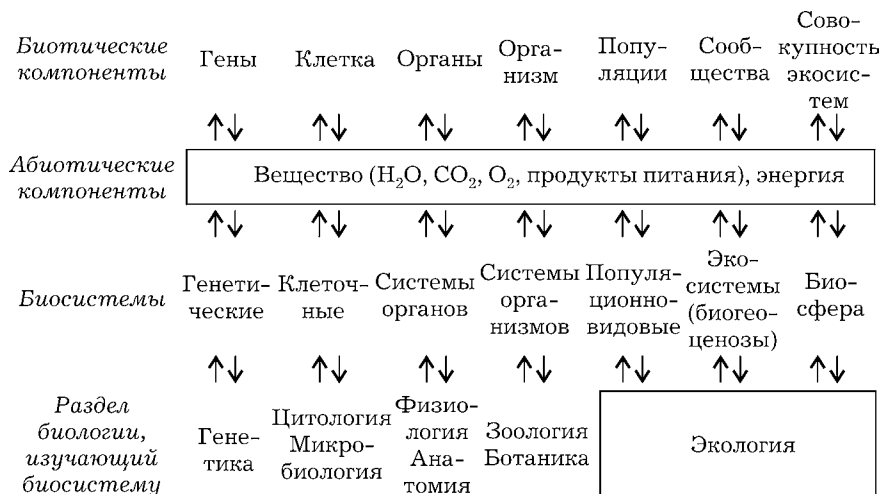


Рис. 1.2. Биологический спектр биосферы

3) **синэкология** комплексно изучает группы, сообщества организмов и их взаимосвязи в природных экосистемах;

4) **глобальная экология** изучает процессы, проходящие в биосфере, и ее состояние.

Основными разделами современной экологии являются:

- ◆ общая экология;
- ◆ глобальная экология;
- ◆ экология человека;
- ◆ социальная экология;
- ◆ прикладная экология.

Каждый раздел экологии имеет свои подразделы, между которыми существует связь, как и со смежными науками.

1.3. Популяционно-видовой уровень

Популяционно-видовой уровень живых систем — это совокупность особей одного вида, объединенных общей территорией и генофондом.

Вид — основная структурная единица в системе живых организмов. Под **видом** понимается совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических свойств, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенный ареал. Особи одного вида имеют общее происхождение и единый генофонд. Вид характеризуется практически полной нескрещиваемостью с другими видами в природных условиях.

Виды отличаются друг от друга по многим признакам — критериям, среди которых различают морфологический, генетический, физиологический, географический и экологический.

Морфологический критерий базируется на сходстве внешнего и внутреннего строения особей одного вида.

Генетический критерий — это характерный для каждого вида набор хромосом, строго определенное их число, размер и форма; генетический критерий — главный видовой признак.

Физиологический критерий — это сходство всех процессов жизнедеятельности, и прежде всего сходство размножения. Особи одного вида способны скрещиваться в природных условиях и давать жизнестойкое потомство.

Географический критерий — это определенный ареал (территория, акватория), занимаемый видом в природе. Он может быть большим или маленьким, прерывистым или сплошным. Есть виды, распространенные повсеместно, и нередко — в связи с деятельностью человека (насекомые-вредители — мухи, тараканы и др., виды сорных растений).

В процессе эволюции у каждого вида сформировались приспособления к определенной среде обитания. Это определяет деление видов на популяции.

Экологический критерий — совокупность факторов внешней среды, в которой существует вид.

Только совокупность указанных критериев характеризует принадлежность особей к одному виду.

Целостность вида обусловлена связями между его особями.

В настоящее время зарегистрировано около 2 млн видов организмов (примерно 1,5 млн видов животных и 0,5 млн видов растений). Существуют основания считать, что за счет большого числа неидентифицированных низших форм организмов фактическое число видов может быть в 2–3 раза больше.

Каждый вид состоит из отдельных индивидуумов (особей), имеющих свои отличительные черты.

Популяция — форма существования вида; совокупность особей одного вида, которая длительно существует и занимает определенную часть ареала, относительно обособленную от других совокупностей того же вида. Популяция является структурной единицей вида и элементарной единицей эволюционного процесса. Примеры популяций: у людей — национальности, расы; у животных — породы.

Популяция — динамическая группа организмов, адаптированная к изменяющимся условиям окружающей среды путем изменения численности возрастных групп и генетического состава.

Популяция как биологическая единица обладает определенной структурой и функциями. Ей свойственны рост, развитие, способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях. В популяции постоянно возникают наследственные изменения: в ней происходят борьба за существование, а также естественный отбор, благодаря которым выживают и дают потомство лишь особи с полезными в данных условиях свойствами. Популяция обладает многими признаками, которые характеризуют группу как целое. Основными характеристиками популяции являются плотность, численность, рождаемость, смертность, возрастной состав, характер распределения на территории.

Плотность популяции определяется числом особей, приходящихся на единицу площади или объема. Каждому виду присуща определенная оптимальная плотность популяции, отклонения от которой в ту или другую сторону отрица-

тельно сказываются на темпах воспроизводства и жизнедеятельности особей.

Численность популяции различна у разных видов, но она не может быть ниже некоторых пределов (критической численности). Падение численности ниже критической может привести к исчезновению популяции. Численность популяции может резко меняться по сезонам и годам.

Возрастной состав популяции имеет большое значение для ее существования и процветания. При благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы и поддерживается более или менее стабильный возрастной состав. Возрастной состав популяции зависит от продолжительности жизни особей, периода достижения ими половой зрелости, числа генераций.

Характер распределения особей популяции в пространстве может быть равномерным, случайным и скученным.

На уровне популяций экология решает вопросы, связанные с количеством отдельных видов, изменениями и колебаниями численности отдельных популяций.

1.4. Экосистемный (биогеоценозный) уровень

Биоценоз (от греч. *bios* — жизнь, *koinos* — вместе) включает все популяции разных видов, характеризующиеся определенными отношениями как между собой, так и с неорганической средой на определенной территории, называемой **биотопом** (например, сообщества озера, рощи и т. д.). Биоценоз — совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих участок среды с более или менее однородными условиями существования, который образовался естественно или под влиянием человека.

Компоненты, образующие биоценоз, взаимосвязаны. Изменения, которые касаются только одного вида, могут сказаться на всем биоценозе и даже вызвать его распад. Каждый биоценоз имеет определенную структуру, видовой состав и террито-

рию; ему свойственны определенная организация пищевых связей и определенный тип обмена веществ. Биоценозы, в свою очередь, образуют биогеоценозы и биосферу в целом.

Термин “экосистема” введен в экологию английским ботаником А. Тенсли (1935 г.), а “биогеоценоз” — русским ученым В. Н. Сукачевым (1942 г.).

Экосистема — любая совокупность взаимодействующих живых организмов и окружающей среды, функционирующих как единое целое за счет обмена веществом, энергией и информацией и длительно занимающая определенный ареал в пространстве. Экосистема — это взаимосвязанный комплекс живых и неживых компонентов Земли. Живыми компонентами экосистемы являются растения, животные, грибы, большинство бактерий и вирусы (*биоценоз* экосистемы); неживыми компонентами экосистемы являются атмосфера, солнечная энергия, вода, почва (*биотоп* экосистемы). Экосистемы являются структурными единицами биосферы.

Биогеоценоз — наземная экосистема. Биогеоценоз всегда связан с определенными частями земной поверхности.

Понятие “экосистема” является более общим по сравнению с биогеоценозом — это и космический корабль, и труп некогда живого организма, и гниющее дерево. Различие между понятиями “экосистема” и “биогеоценоз” в том, что экосистема может иметь произвольные границы, а биогеоценоз занимает всегда определенную часть суши или акватории.

Фантаст И. Г. Ефремов дал такое определение: экосистема — это любое природное образование от кочки до оболочки.

Экосистема является динамической, уравновешенной, взаимосвязанной и стойкой во времени системой, результатом длительной и глубокой адаптации составных компонентов и включает как совокупность организмов с разными взаимосвязями, так и взаимодействие их со средой. Следовательно, экосистема — это не простая совокупность живых организмов и других тел, а особая, согласованно организованная форма существования живых организмов и окружающей среды, диалектическое единство всех ее составных частей. Экосистемы способны

путем саморегулирования противостоять как изменениям среды, так и резкому изменению численности живых организмов.

Классификация экосистем осуществляется по разным признакам.

1. По размерам:

- ◆ микроэкосистемы (гниющее дерево, труп животного с населяющими его организмами, аквариум);
- ◆ мезоэкосистемы — лес, пруд, озеро, река и др.;
- ◆ макроэкосистемы — тундра, океан, степь, тропики и др.;
- ◆ глобальная экосистема — биосфера Земли.

Понятие экосистемы применяется к единицам различной величины — от муравейника (микроэкосистема) до океана (макроэкосистема).

Очень крупные экосистемы называются **биомами**. Каждый биом включает целый ряд меньших по размеру экосистем, связанных друг с другом. Каждая экосистема имеет характерный набор растений, животных и микроорганизмов.

Выделение в биомах различных экосистем производится достаточно условно. Четкие границы между ними встречаются редко. Обычно между экосистемами или биомами находится переходная зона с видами и особенностями, свойственными обоим соседствующим экосистемам (пример переходного биома — лесостепь). Экосистемы не изолированы друг от друга: процессы в одной экосистеме неизбежно затрагивают и другую, соседнюю экосистему. Так, частицы почвы и элементы питания, вымываемые водой из почвы, могут влиять на жизнь в водоемах. Все экосистемы взаимосвязаны и взаимозависимы.

2. По месту нахождения. Ю. Одум выделил три группы природных экосистем:

- ◆ наземные экосистемы — тундра, пустыня, лесостепи и т. д.;
- ◆ пресноводные экосистемы — стоячие воды, текущие воды, заболоченные угодья;
- ◆ морские экосистемы — открытый океан, прибрежные воды, глубоководные зоны и т. д.

3. По продуктивности экосистемы подразделяются на четыре класса:

- ◆ экосистемы очень большой продуктивности биомассы — свыше 2 кг/м^2 в год;

- ◆ экосистемы высокой продуктивности биомассы — $1\text{--}2 \text{ кг/м}^2$ в год;

- ◆ экосистемы умеренной продуктивности биомассы — $0,25\text{--}1 \text{ кг/м}^2$ в год;

- ◆ экосистемы низкой продуктивности биомассы — меньше $0,25 \text{ кг/м}^2$ в год.

Биомасса — масса живого вещества тех или иных организмов (популяций, видов, сообществ в целом), выраженная в единицах массы (кг, т) или энергии, приходящейся на единицу площади или объема какого-либо биотопа, вплоть до экосферы планеты. В единицах массы этот термин относится к сырому или сухому состоянию живого вещества. Биомассу растений называют фитомассой, животных — зоомассой. Биомасса может быть как живой, так и мертвой (древесина, кора деревьев).

Средняя продуктивность биомассы экосистем Земли не превышает $0,3 \text{ кг/м}^2$ в год, т. е. на планете преобладают низкопродуктивные экосистемы (пустыни, океаны).

Некоторые организмы живут в экосистеме много лет (деревья, крупные животные) и их биомасса переходит из года в год. Биомасса леса велика за счет многолетних частей деревьев — стволов, веток, корней. Поэтому ежегодный прирост биологической продукции — новые листья, молодые побеги — в 30–40 раз меньше, чем запас биомассы.

На лугу запас биомассы значительно меньше. Он больше биологической продуктивности в 3–4 раза. В агроэкосистемах биологическая продуктивность и запас биомассы практически одинаковы.

В водных экосистемах запас биомассы животных, как правило, больше биомассы фитопланктона.

На рис. 1.3 представлена схема всех взаимодействующих составных частей экосистемы, автором которой является академик В. Н. Сукачев.

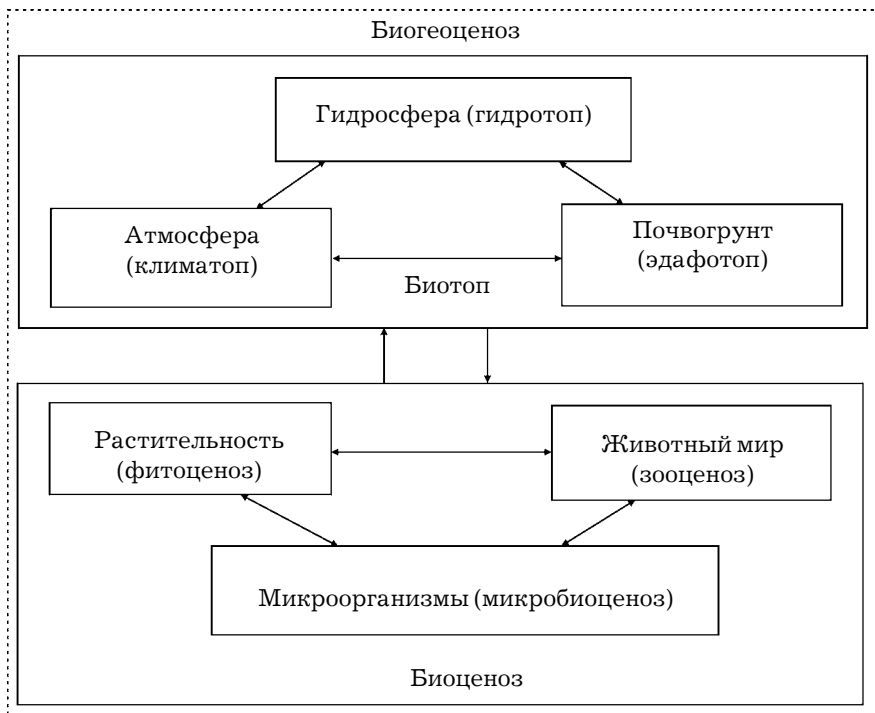


Рис. 1.3. Схема биогеоценоза

Экосистемы подразделяются также на естественные и искусственные.

Естественные экосистемы — это системы, в которых процессы проходят без прямого участия человека (леса, степи, океаны и др.).

Искусственные экосистемы (нообиогеоценозы, или социоэкосистемы) — это совокупность организмов, живущих в созданных человеком условиях.

Нообиогеоценоз, в отличие от естественных экосистем, включает в себя дополнительно равноправное сообщество людей, называемое нооценозом.

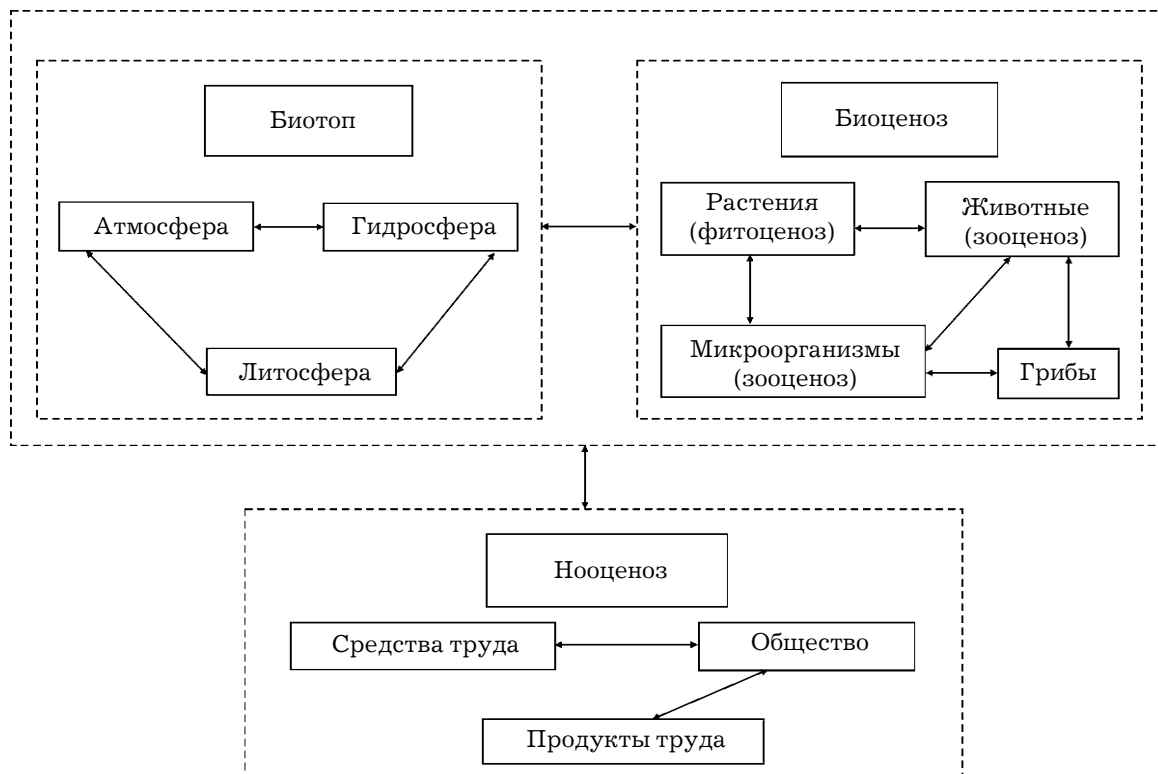


Рис. 1.4. Схема нообиогеноза (социоэкосистемы)

Нооценоз — это часть искусственной экосистемы, включающая в себя средства труда, общество и продукты труда (рис. 1.4).

Сама биосфера является гигантской экосистемой планеты Земля.

Как и другие живые системы, экосистемы обладают всеми их признаками и функциями, в том числе они способны противостоять увеличению энтропии в результате способности к саморегуляции.

В экосистемах, как в любой живой системе, всегда существует обмен веществом, энергией и информацией. Живые организмы, входящие в экосистемы, для своего существования должны постоянно пополнять и расходовать энергию. Растения в процессе фотосинтеза или хемосинтеза запасают энергию в химических связях образующихся органических соединений. Растения являются первичными поставщиками пищи и энергии для всех других организмов.

Основная часть энергии, усвоенной организмом вместе с пищей, расходуется на его жизнеобеспечение (поддержание температуры, рост, размножение, движение и т. п.). Эта энергия высвобождается из химических связей органических веществ в процессе дыхания. Часть этой энергии переходит в тело организма-потребителя, увеличивая его массу. Некоторая доля пищи не усваивается организмом и из нее не высвобождается энергия. В последующем она высвобождается из экскрементов другими организмами, которые потребляют их в пищу (сапрофагами).

Живые организмы в процессе своей жизнедеятельности через пищевые связи или факторы среды (температуру, наличие воды и др.) способны воспринимать, хранить и перерабатывать поступающую информацию, а также закреплять ее в наследственных структурах и затем передавать ее последующим поколениям.

Экосистемы — основной объект изучения **синэкологии**. Синэкология рассматривает состав и структуру сообществ, а также закономерности их функционирования. Главная задача синэкологии заключается в том, чтобы не только вскрыть зако-

номерности функционирования экосистем, но и научиться использовать их для обоснованного природопользования и для решения других вопросов.

1.5. Биотическая структура природных экосистем

Несмотря на громадное разнообразие экосистем, всем им свойственна определенная структура.

Еще на заре возникновения биосферы наметились два основных звена биогенного круговорота веществ — автотрофное и гетеротрофное питание.

Автотрофное питание — синтез органических веществ из веществ неживой природы (неорганических веществ); гетеротрофное питание — питание уже готовыми органическими веществами. Существует также небольшая группа организмов со смешанным типом питания — миксотрофы.

Как следствие, несмотря на громадное разнообразие экосистем (леса, степи, озера и др.), в каждую экосистему входят две группы организмов, различающихся по способу питания, — автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы (самопитающиеся) — организмы, образующие органическое вещество своего тела из неорганических веществ (углекислого газа, воды, биогенных элементов почвы) посредством *фотосинтеза* и *хemosинтеза*. Автотрофы еще называют **продуцентами**, т. е. производителями органических веществ из неорганических.

По источнику энергии автотрофы подразделяются на две группы: фотоавтотрофы и хемоавтотрофы.

• **Фотоавтотрофы** осуществляют процесс превращения воды и углекислого газа в сахара с выделением в качестве побочного продукта кислорода. Процесс осуществляется под действием фотосинтезирующей световой энергии (длина волны = 380–710 нм), которую улавливает зеленый пигмент листьев — хлорофилл: