

Министерство науки и образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Т.Е. Бурова

**ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЯ»**

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург

2017

Бурова Т. Е. **Выполнение контрольных работ по дисциплине «Экология»:** учебно-методическое пособие / Т. Е. Бурова. – СПб., 2017. – 128 с.

Пособие соответствует ФГОС ВПО по направлениям 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания», 38.03.06 «Торговое дело», 38.03.07 «Товароведение», 43.03.01 «Сервис».

В учебно-методическом пособии изложены цели и задачи изучения дисциплины «Экология», рабочая программа дисциплины, раскрыто содержание рабочей программы, сформулированы методические рекомендации к выполнению контрольной работы, вопросы к контрольной работе по экологии, предложен список рекомендуемой литературы.

Содержание пособия опирается на достижения в области экологии, публикуемые в учебной литературе и научных изданиях.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения контрольной работы по дисциплине «Экология» бакалаврами, обучающимися на заочном отделении Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий (направление подготовки 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания», профили «Технология продукции и организация ресторанного дела» и «Технология и организация централизованного производства кулинарной продукции и кондитерских изделий»); Высшей школы товароведения и сервиса (направление подготовки 43.03.01 «Сервис», профиль «Сервис в гостиничном и ресторанном бизнесе»; направление подготовки 38.03.07 «Товароведение», профиль «Товароведение и экспертиза товаров (на этапах хранения, транспортировки и реализации)» и Высшей школы внутренней и внешней торговли (направление подготовки 38.03.06 «Торговое дело») Института промышленного менеджмента, экономики и торговли.

© Бурова Т. Е., 2017

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Земля – общий Дом человечества, единственная из планет солнечной системы, где возникла «жизнь – в той форме, в какой мы ее изучаем, – и которая, – есть чисто земное – планетное явление ...» (В. И. Вернадский).

На пороге XXI века потенциальная мощь создаваемых человеком средств воздействия на среду обитания становится соизмеримой с могучими силами природы, а рост народонаселения и материального производства усиливает воздействие, изменяя ее фундаментальные свойства: температуру и химический состав воздуха, почв и вод, уровень радиационного фона, плотность озонового слоя. И как следствие, стали быстро нарастать признаки деградации биосферы: сокращение генофонда живого вещества и ухудшение его структуры, глобальная эрозия почв, исчезновение лесов, быстрый рост пустынь, изменение климата и т.д.

Человечество не может без конца игнорировать законы, управляющие Природой, поддерживающие в равновесии многочисленные формы жизни на Земле.

Главная причина развивающегося глобального экологического кризиса состоит в исторически сложившихся в обществе моральных ценностях, когда главным был принцип: «Покорить и изменить природу».

А в результате Природа умирает. Она умирает быстро, из 250 тыс. видов высших растений, существующих в мире, более 60 тыс. находится под угрозой исчезновения в будущем столетии, уже сейчас в нашей стране исчезает по одному-двум видам растений и животных ежегодно. Человек же может погибнуть раньше других. Ведь *Homo sapiens* – тоже вымирающий вид. То, что создал он на Земле, – не рай, а кошмар, к которому он сам адаптируется все в меньшей степени, который уже не может удовлетворять его жизненные запросы. Вот как пишет об этом А.Н. Тюрюканов – ученик русского ученого Н.В. Тимофеева-Ресовского: «Именно производство оружия для уничтожения живого населения планеты оказалось самым приоритетным на-

правлением развития производительных сил общества. В нашем веке научная мысль и живой труд были омертвлены в колоссальной массе ядерного, химического и биологического оружия. Одновременно с деградацией биосферы отчетливо обозначились и признаки деградации человечества: геноцид тоталитарных режимов и двух самых кровопролитных мировых войн, наркомания, СПИД, рост числа генетических заболеваний и т.д. «БИЧ» – аббревиатура выражения проблемы «Биосфера и Человечество». Этот «бич» стегает человечество за его своекорыстные цели, за то, что *Homo sapiens* («человек разумный») превратился в *Homo economicus* («человека экономического»), презревшего законы жизни биосферы. А теперь появился еще и ВИЧ (СПИД, Aids), с буквы «б» перешли на «в». А по алфавиту просто не ходят. Поэзия тому пример. Нужны чрезвычайные меры по охране биосферы и здоровья людей. Именно в этот момент нужно предельно ясно осознавать, что человечество должно перейти к новой стратегии взаимодействия с биосферой. Суть этой стратегии – раскрытие потенциальных возможностей биосферы, оптимизация ее производительных сил. Нужно признать, что мы оказались в плену суженного, к тому же примитивного – утилитарного отношения к биосфере. Только расширив спектр взаимодействия с биосферой, можно увидеть пока скрытые от нас, ее сокровища. Тогда человечество выполнит свою историческую миссию, поднимет биосферу на новую эволюционную ступень развития, и это будет означать эволюцию самого человечества».

Для этого необходимо, прежде всего, изменить сознание человека, сформировать новый образ мышления, которым стать экология. Экология – это новый образ мышления. Если бы каждый человек, перед тем как выбросить мусор в лесу или слить отработанное масло в реку, задумался о последствиях своих действий, то каждый почувствовал бы себя ответственным за поддержание хорошего качества окружающей среды и осознал бы, что экологический выбор – это главным образом выбор политический. Короче, если бы все мы были гражданами в полном смысле слова, то можно было бы с некоторой уверенностью смотреть в будущее.

Нашей материалистической цивилизации необходима идеология: почему бы экологии как образу мышления не стать одним из догматов современного гуманизма?

Почему бы нам действительно не пересмотреть свои взгляды, ведь человек интересовался экологией с практической точки зрения с самых ранних периодов своей истории.

В примитивном обществе каждый индивидуум, для того чтобы выжить, должен был иметь определенные знания об окружающей среде, о силах природы, о растениях и животных, которые его окружали. Фактически цивилизация возникла тогда, когда человек научился использовать огонь и другие средства, позволявшие ему изменять среду своего обитания.

И теперь, если человечество хочет сохранить свою цивилизацию, оно более чем когда-либо нуждается в достаточно полных знаниях об окружающей среде, поскольку основные «законы природы» действуют по-прежнему, рост населения и расширение возможностей воздействия на среду лишь изменили их относительное значение и усложнили зависимость от них человека.

Формирование и развитие экологического мышления является требованием общества и невозможно без экологического образования. Эта связь между развитием человеческого общества и образованием подчеркнута в решениях Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). Задача образования в Повестке дня на XXI век сформулирована так: «Превратить концепцию устойчивого или экологически чистого развития в систему духовных и профессиональных установок человечества».

Важная роль отводится экологическому воспитанию и образованию в реализации Концепции перехода РФ к устойчивому развитию (Утверждена Указом Президента РФ № 440 от 01.04.96 г.). Это трудная задача, так как до сих пор вся система воспитания и образования была направлена на то, чтобы помочь человеку приспособить окружающую среду к своим потребностям, сегодня нам надо учиться сохранять саму среду обитания, с уважением отно-

ситься к ней. Поэтому к профессиональным задачам инженеров разного профиля добавляются задачи экологизации конкретных технологий.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение следующих результатов образования:

знания:

- основных законов и понятий экологии;
- учения В.И. Вернадского;
- характеристики и состава биосферы;
- экологических принципов рационального использования природных ресурсов, технических средств и технологий;
- видов антропогенного воздействия на биосферу;

умения:

- прогнозировать последствия профессиональной деятельности с точки зрения биосферных процессов;
- определять динамику роста численности популяций;
- методы экологического обеспечения производства и инженерной защиты окружающей среды;

навыки:

- использования нормативно-правовых документов в области охраны окружающей среды в профессиональной деятельности;
- работы с научной и технической литературой, электронными источниками информации.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций:

общекультурных:

ОК-6 – способность использовать общеправовые знания в различных сферах деятельности, в том числе с учетом социальной политики государства, международного и российского права (43.03.01);

ОК-10 – готовность к выполнению гражданского долга и проявлению патриотизма (38.03.06);

профессиональных:

ПК-4 – готовность устанавливать и определять приоритеты в сфере производства продукции питания, обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке новых технологических процессов производства продукции питания; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (19.03.04);

ПК-10 – готовность к проведению экспертизы и (или) диагностики объектов сервиса (43.03.01);

ОПК-3 – умение пользоваться нормативными документами в своей профессиональной деятельности, готовность к соблюдению действующего законодательства и требований нормативных документов (38.03.06);

ОПК-5 – способность применять знания естественнонаучных дисциплин для организации торгово-технологических процессов и обеспечения качества и безопасности потребительских товаров (38.03.07).

Задачи дисциплины – сформировать представление об основных закономерностях функционирования экосистем и устойчивости биосферы, обеспечить понимание причин современного экологического кризиса, сформировать ответственное отношение к природе и готовность к активным действиям по ее охране.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с получением знаний основных законов и понятий экологии; структуры биосферы и экосистем, взаимоотношений организма и среды; глобальных проблем окружающей среды; экологических принципов рационального использования природных ресурсов и охраны природы; инженерных и организационных мероприятий, предотвращающих загрязнение окружающей среды; вопросов охраны окружающей среды в сфере профессиональной деятельности.

Таким образом, изучение экологии дает возможность глубже понять широкий круг социально-экологических, нравственных и экологических по-

следствий от принимаемых профессиональных решений. Это позволит будущему специалисту принимать взвешенные и экологически грамотные решения в своей профессиональной деятельности.

2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды занятий	Семестры, специальность			
	4, 5; 19.03.04	4; 38.03.06	3; 38.03.07	4; 43.03.01
Общая трудоемкость	72	72	108	108
Лекции	6	4	4	4
Практические занятия	–	6	6	4
Лабораторные работы	8	–	–	2
Самостоятельная работа	54	58	94	94
в том числе творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа	–	–	15	15
Контроль самостоятельной работы студентов	4	4	4	4
Контрольная работа	КР	КР	КР	КР
Форма контроля	Зачет	Зачет	Зачет	Зачет

3. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Направление 19.03.04

№ п/п	Наименование модуля, раздела, (отдельной темы)	Трудоемкость (час)	Виды занятий (час)		
			Лекции	Лаб. работы	СРС
ВСЕГО		72	6	8	54
1	Модуль 1 Общая экология	21	2	2	17
2	1.1. Наука экология. Краткий обзор ее развития. Взаимодействие организма и среды	8	1	–	7
3	1.2. Экология популяций. Экология биотических сообществ. Экологические системы.	13	1	2	10
4	Модуль 2 Учение о биосфере	13	1	2	10
5	2.1. Характеристика и состав биосферы. Учение В.И. Вернадского	0,5	0,5	–	–
6	2.2. Учение В.И. Вернадского. Биосфера и человек. Ноосфера.	12,5	0,5	2	10
7	Модуль 3 Прикладная экология	34	3	4	27

8	3.1. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы	8	1	–	7
9	3.2. Загрязнение гидросферы и литосферы.	13	1	2	10
10	3.3. Охрана окружающей среды. Правовые аспекты. Международное экологическое сотрудничество.	13	1	2	10
11	Контроль	4	–	–	–

3.2. Направление 38.03.06

№ п/п	Наименование модуля, раздела, (отдельной темы)	Трудоемкость (час)	Виды занятий (час)		
			Лекции	Практ. занят.	СРС
ВСЕГО		72	4	6	58
1	Модуль 1 Общая экология	21	1	2	18
2	1.1. Наука экология. Краткий обзор ее развития. Взаимодействие организма и среды	11,5	0,5	2	9
3	1.2. Экология популяций. Экология биотических сообществ. Экологические системы.	9,5	0,5	–	9
4	Модуль 2 Учение о биосфере	21	1	2	18
5	2.1. Характеристика и состав биосферы. Учение В.И. Вернадского	11,5	0,5	2	9
6	2.2. Учение В.И. Вернадского. Биосфера и человек. Ноосфера.	9,5	0,5	–	9
7	Модуль 3 Прикладная экология	26	2	2	22
8	3.1. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы	10	1	2	7
9	3.2. Загрязнение гидросферы и литосферы.	7,5	0,5	–	7
10	3.3. Охрана окружающей среды. Правовые аспекты. Международное экологическое сотрудничество.	8,5	0,5	–	8
11	Контроль	4	–	–	–

3.3. Направление 38.03.07

№ п/п	Наименование модуля, раздела, (отдельной темы)	Трудоемкость (час)	Виды занятий (час)		
			Лекции	Практ. занят.	СРС
ВСЕГО		108	4	6	94
1	Модуль 1 Общая экология	27	1	2	24

2	1.1. Наука экология. Краткий обзор ее развития. Взаимодействие организма и среды	14,5	0,5	2	12
3	1.2. Экология популяций. Экология биотических сообществ. Экологические системы.	12,5	0,5	–	12
4	Модуль 2 Учение о биосфере	27	1	2	24
5	2.1. Характеристика и состав биосферы. Учение В.И. Вернадского	14,5	0,5	2	12
6	2.2. Учение В.И. Вернадского. Биосфера и человек. Ноосфера.	12,5	0,5	–	12
7	Модуль 3 Прикладная экология	50	2	2	46
8	3.1. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Загрязнение атмосферы.	17,5	0,5	2	15
9	3.2. Загрязнение гидросферы и литосферы.	15,5	0,5	–	15
10	3.3. Охрана окружающей среды. Правовые аспекты. Международное экологическое сотрудничество.	17	1	–	16
11	Контроль	4	–	–	–

3.4. Направление 43.03.01

№ п/п	Наименование модуля, раздела, (отдельной темы)	Трудоем- кость (час)	Виды занятий (час)			
			Лек- ции	Пр. зан. (сем., колл.)	Лаб. раб.	СРС
ВСЕГО		108	4	4	2	94
1	Модуль 1 Общая экология	28	1	2	–	25
2	1.1. Наука экология. Краткий обзор ее развития. Взаимодействие организма и среды	12,5	0,5	2	–	10
3	1.2. Экология популяций. Экология биотических сообществ. Экологические системы.	15,5	0,5	–	–	15
4	Модуль 2 Учение о биосфере	28	1	2	–	25
5	2.1. Характеристика и состав биосферы. Учение В.И. Вернадского	17,5	0,5	2	–	15
6	2.2. Биосфера и человек. Ноосфера.	10,5	0,5	–	–	10
7	Модуль 3 Прикладная экология	48	2	–	2	44
8	3.1. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Загрязнение атмосферы.	16,5	0,5	–	2	14
9	3.2. Загрязнение гидросферы и литосферы.	14,5	0,5	–	–	14

10	3.3. Охрана окружающей среды. Правовые аспекты. Международное экологическое сотрудничество.	17	1	–	–	16
11	Контроль	4	–	–	–	–

4. СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Модуль 1 «Общая экология»

Раздел 1.1. Наука экология. Краткий обзор ее развития.

Взаимодействие организма и среды

Рассматриваемые вопросы: предмет и задачи экологии, краткий обзор истории развития экологии. Основные разделы экологии – экология популяций (демэкология), экология биотических сообществ (синэкология), экологические системы. Главные уровни организации жизни и экология; трофические (пищевые) взаимоотношения организмов; организм – живая целостная система; общая характеристика биоты Земли; среда обитания организмов и экологические факторы; взаимоотношения между организмами; адаптация организмов к среде обитания; лимитирующие экологические факторы.

Наиболее распространенным определением экологии как научной дисциплины является следующее: *экология – наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимоотношения между организмами и средой их обитания.*

Термин «экология» (от греч. «ойкос» – дом, жилище и «логос – учение) был впервые введен в биологическую науку немецким ученым Э. Геккелем в 1866 г. Изначально экология и развивалась как составная часть биологической науки, в тесной связи с другими естественными науками – химией, физикой, геологией, географией, почвоведением, математикой.

Предметом экологии является совокупность или структура связей между организмами и средой. Главный объект изучения в экологии – экоси-

стемы, т.е. единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания. Кроме того, в область ее компетенции входит;

- изучение отдельных видов организмов – организменный уровень);
- их популяций, т.е. совокупностей особей одного вида – популяционно-видовой уровень);
- совокупностей популяций, т.е. биотических сообществ – биоценозов – биоценотический уровень);
- биосферы в целом – биосферный уровень.

Основной, традиционной, частью экологии как биологической науки является *общая экология*, которая изучает общие закономерности взаимоотношений любых живых организмов и среды, включая человека как биологическое существо.

В составе общей экологии выделяют следующие основные разделы:

- *аутэкологию*, исследующую индивидуальные связи отдельного организма (виды, особи) с окружающей его средой;
- *популяционную экологию – демэкологию*), в задачу которой входит изучение структуры и динамики популяций отдельных видов. Популяционную экологию рассматривают и как специальный раздел аутэкологии;
- *синэкологию – биоценологию*, изучающую взаимоотношение популяций, сообществ и экосистем со средой.

Для всех этих направлений главным является изучение выживания живых существ в окружающей среде, и задачи перед ними стоят преимущественно биологического свойства – изучить закономерности адаптации организмов и их сообществ к окружающей среде, саморегуляцию, устойчивость экосистем и биосферы и т.д.

В изложенном выше понимании общую экологию нередко называют *биоэкологией*, когда хотят подчеркнуть ее биоцентричность.

С точки зрения фактора времени экология дифференцируется на историческую и эволюционную.

Кроме того, *экология классифицируется по конкретным объектам и средам исследования*, т.е. различают экологию животных, экологию растений и экологию микроорганизмов.

В последнее время роль и значение биосферы как объекта экологического анализа непрерывно возрастает. Особенно большое значение в современной экологии уделяется проблемам взаимодействия человека с окружающей природной средой. Выдвижение на первый план этих разделов в экологической науке связано с резким усилением взаимного отрицательного влияния человека и среды, возросшей ролью экономических, социальных и нравственных аспектов, в связи с резко негативными последствиями научно-технического прогресса. Таким образом, современная экология не ограничивается только рамками биологической дисциплины, трактующей отношения главным образом животных и растений со средой, она превращается в междисциплинарную науку, изучающую сложнейшие проблемы взаимодействия человека с окружающей средой. Актуальность и многогранность этой проблемы, вызванной обострением экологической обстановки в масштабах всей планеты, привела к «экологизации» многих естественных, технических и гуманитарных наук.

Так, например, *на стыке экологии с другими отраслями знаний продолжается развитие таких новых направлений, как инженерная экология, геоэкология, математическая экология, сельскохозяйственная экология, космическая экология и т.д.*

Современная экология тесно связана с политикой, экономикой, правом (включая международное право), психологией и педагогикой; так как только в союзе с ними возможно выработать новый тип экологического сознания, коренным образом меняющий поведение людей по отношению к природе.

С научно-практической точки зрения вполне обосновано деление экологии на теоретическую и прикладную.

Теоретическая экология вскрывает общие закономерности организации жизни.

В общетеоретическом плане к задачам экологии относятся:

- разработка общей теории устойчивости экологических систем;
- изучение экологических механизмов адаптации к среде;
- исследование регуляция численности популяций;
- изучение биологического разнообразия и механизмов его поддержания;
- исследование продукционных процессов;
- исследование процессов, протекающих в биосфере с целью поддержания ее устойчивости;
- моделирование состояния экосистем и глобальных биосферных процессов.

Прикладная экология изучает механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов. Научную основу прикладной экологии составляет система общеэкологических законов, правил и принципов.

Основные прикладные задачи, которые экология должна решать в настоящее время следующие:

- прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в окружающей природной среде под влиянием деятельности человека;
- улучшение качества окружающей среды;
- оптимизация инженерных, экономических, организационно-правовых, социальных или иных решений для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития, в первую очередь в экологически наиболее уязвимых районах.

Стратегической задачей экологии считается развитие теории взаимодействия природы и общества на основе нового взгляда, рассматривающего человеческое общество как неотъемлемую часть биосферы.

В настоящее время экология становится одной из важнейших естественных наук, и, как полагают многие экологи, – само существование человека на нашей планете будет зависеть от ее прогресса.

В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

Первый этап – зарождение и становление экологии как науки (до 60-х гг. XIX в.). На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения.

Второй этап – оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний (после 60-х гг. XIX в. до 50-е гг. XX в.).

Начинается третий этап (50-е гг. XX в. – до настоящего времени) – превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды. Из строгой биологической науки экология превращается в «значительный цикл знания, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономики...» (Н.Ф. Реймерс).

Принцип дискретности лег в основу представлений об уровнях организации живой материи.

Уровень организации – это функциональное место биологической структуры определенной степени сложности в общей «системе систем» живого. Обычно выделяют следующие уровни:

1. *Молекулярный* – самый низкий уровень организации живого. Именно на этом уровне в основном проявляются такие процессы жизнедеятельности, как обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации.

2. *Клеточный.* Клетка является элементарной структурной и функциональной единицей живого. Вирусы, будучи неклеточной формой организации живого, проявляют свои свойства как живые организмы только внедрившись в клетки.

3. *Тканевой*. Ткань – совокупность структурно сходных клеток и связанных с ними межклеточных веществ, объединенных выполнением определенных функций.

4. *Органный*. Под органом понимают часть многоклеточного организма, выполняющую определенную функцию или функции.

5. *Организменный*. Организм (этот термин можно применять ко всем живым существам – как одноклеточным, так, и многоклеточным), – это реальный носитель жизни, характеризующийся всеми ее свойствами. Он происходит от одного зачатка (зиготы, споры, части другого организма) и индивидуально подвержен действию эволюционных и экологических факторов. Процесс формирования организма состоит из дифференцировки его структур – органелл – если это одноклеточный организм; клеток, тканей, органов – в соответствии с выполняемыми ими функциями. Очень удобно использовать этот уровень при рассмотрении взаимодействия живого существа с окружающей его средой.

6. *Популяционно-видовой*. *Популяция* представляет собой систему надорганизменного порядка. Под этим понимают совокупность всех особей одного вида, образующих обособленную генетическую систему и населяющих пространство с относительно однородными условиями обитания. Популяция обычно имеет сложную структуру и является элементарной единицей эволюции. *Вид* – это генетически стабильная система, совокупность популяций, особи которых способны в природных условиях к скрещиванию с образованием плодовитого потомства и занимают определенную область географического пространства – ареал.

7. *Биоценотический*. *Биоценоз* – совокупность организмов разных видов различной сложности организации, обитающих на какой-то определенной территории. Если в такой территориальной системе учитываются и факторы среды обитания, т.е. неживой компонент, то говорят о *биогеоценозе*.

8. *Биосферный* – это самый высокий уровень организации. В данном случае обычно рассматривают все живые организмы и области их существо-

вания в планетарном масштабе. *Биосфера* – это оболочка Земли, которую населяют или когда-либо населяли живые организмы (к ней относятся части атмосферы, литосферы и гидросферы, каким-либо образом связанные с деятельностью живых существ).

Компетенция экологии начинается с организменного уровня. На этом уровне осуществляется обмен веществом, энергией, информацией с окружающей средой. На популяционном уровне к этому добавляется воспроизведение вида, его эволюция и участие в многовидовых сообществах; на экосистемном (биоценотическом) уровне поддерживается устойчивый круговорот веществ и формирование общей среды сообщества организмов. На биосферном уровне – глобальный круговорот, кооперативное взаимодействие, жизнеобеспечение всех экосистем, создание планетарной среды жизни.

В экологии организм рассматривается как целостная система, взаимодействующая с внешней средой, как абиотической, так и биотической. В этом случае в поле зрения попадает такая совокупность, как биологический вид, состоящий из сходных особей, которые, тем не менее, как индивидуумы отличаются друг от друга. Но всех их объединяет единый для всех генофонд, обеспечивающий их способность к размножению в пределах вида.

Поскольку каждый отдельный индивид (особь) имеет свои специфические особенности, то и отношение их к состоянию среды, к воздействию ее факторов различное. Например, повышение температуры часть особей может не выдержать и погибнуть, но популяция всего вида выживает за счет других особей, более приспособленных к повышенным температурам.

Популяция – это совокупность особей одного вида. Генетики обычно добавляют как обязательный момент – способность этой совокупности к самовоспроизведению. Экологи же, учитывая обе эти особенности, подчеркивают некую изолированность в пространстве и во времени аналогичных совокупностей одного и, того же вида.

Изолированность в пространстве и во времени аналогичных популяций отражает реальную природную структуру биоты. В реальной природной среде многие виды рассеяны на огромных пространствах, поэтому изучать приходится некую видовую группировку в пределах определенной территории.

Однако настоящих одновидовых группировок и поселений в природе не существует, и мы обычно имеем дело с группировками, состоящими из многих видов. Такие, *группировки называются биологическими сообществами, или биоценозами.*

Биоценоз – совокупность совместно обитающих популяций разных видов микроорганизмов, растений и животных. Термин «биоценоз» впервые применил Мебиус (1877), изучая группу организмов устричной банки, т.е. с самого начала это сообщество организмов было ограничено неким «географическим» пространством, в данном случае границами отмели. В дальнейшем это пространство было названо *биотопом, под которым понимаются условия окружающей среды на определенной территории: воздух, вода, почвы, и подстилающие их горные породы.* Именно в этой окружающей среде существуют растительность, животный мир и микроорганизмы, составляющие биоценоз.

Компоненты биотопа не просто существуют рядом, а активно взаимодействуют между собой, создавая определенную биологическую систему, которую академик В.Н. Сукачев назвал *биогеоценозом* (рис. 1). Термин «биогеоценоз» был предложен В.Н. Сукачевым в конце 30-х гг. Представления Сукачева в дальнейшем легли в основу биогеоценологии – целого научного направления в биологии, занимающегося проблемами взаимодействия живых организмов между собой и с окружающей их абиотической средой.

Однако несколько ранее, в 1935 г., английским ботаником А. Тенсли был введен термин «экосистема». *Экосистема, по А. Тенсли, – «совокупность комплексов организмов с комплексом физических факторов его окружения, т.е. факторов местообитания в широком смысле».*

Ряд сторонников экосистемного подхода на Западе считают термины «биогеоценоз» и «экосистема» – синонимами. Однако ряд российских ученых не разделяют этого мнения, видя определенные различия. Тем не менее, многие не считают эти отличия существенными и ставят знак равенства между этими понятиями. Это тем более необходимо, что термин «экосистема» широко применяется в смежных науках, особенно природоохранного содержания.



Рис. 1. Схема биогеоценоза

Особое значение для выделения экосистем имеют трофические, т.е. пищевые взаимоотношения организмов, регулирующие всю энергетику биотических сообществ и всей экосистемы в целом.

Прежде всего, все организмы делятся на две большие группы:

- *автотрофы*;
- *гетеротрофы*.

Автотрофные организмы используют неорганические источники для своего существования, тем самым создавая органическую материю из неорганической. К таким организмам относятся фотосинтезирующие зеленые растения суши и водной среды, сине-зеленые водоросли, некоторые бактерии за счет хемосинтеза и др.

Гетеротрофные организмы потребляют только готовые органические вещества. К ним относятся все животные и человек, грибы и др. Гетеротрофы, потребляющие мертвую органику, называются сапротрофами (например, грибы), а способные жить и развиваться в живых организмах за счет живых тканей – паразитами (например, клещи).

Поскольку организмы достаточно разнообразны по видам и формам питания, то они вступают между собой в сложные трофические взаимодействия, тем самым выполняя важнейшие экологические функции в биотических сообществах. Одни из них производят продукцию, другие потребляют, третьи преобразуют ее в неорганическую форму. *Их называют продуценты, консументы и редуценты.*

Продуценты – производители продукции, которой потом питаются все остальные организмы – это наземные зеленые растения, микроскопические морские и пресноводные водоросли, производящие органические вещества из неорганических соединений.

Консументы – это потребители органических веществ. Среди них есть животные, употребляющие только растительную пищу – травоядные (корова) или питающиеся только мясом других животных – плотоядные (хищники), а также употребляющие и то и другое – «всеядные» (человек, медведь).

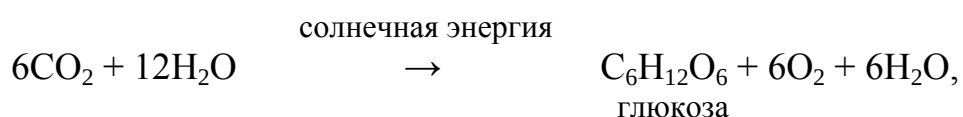
Редуценты (деструкторы) – восстановители – возвращают вещества из отмерших организмов снова в неживую природу, разлагая органику до простых неорганических соединений и элементов (например, на CO_2 , NO_2 и H_2O). Возвращая в почву или в водную среду биогенные элементы, они, тем самым, завершают биохимический круговорот. Это делают в основном бактерии, большинство других микроорганизмов и грибы. Функционально редуценты – это те же консументы, поэтому их часто называют микроконсументами.

Микроорганизмы, бактерии и другие более сложные формы в зависимости от среды обитания подразделяют на *аэробные*, т.е. живущие при наличии кислорода, и *анаэробные* – живущие в бескислородной среде.

Организм – любое живое существо – отличается от неживой природы определенной совокупностью свойств, присущих только живой материи: клеточная организация; обмен веществ по ведущей роли белков и нуклеиновых кислот, обеспечивающий *гомеостаз организма – самовозобновление и поддержание постоянства его внутренней среды*. Живым организмам присущи движение, раздражимость, рост, развитие, размножение и наследственность, а также приспособляемость к условиям существования – адаптация.

Живые организмы обладают обменом веществ, или метаболизмом, при этом происходит множество химических реакций. Примером таких реакций могут служить дыхание, которое еще Лавуазье и Лаплас считали разновидностью горения, или фотосинтез, посредством которого зелеными растениями связывается солнечная энергия, а в результате дальнейших процессов метаболизма используется, всем растением, и др.

Как известно, в процессе фотосинтеза, кроме солнечной энергии, используются диоксид углерода и вода. Суммарно химическое уравнение фотосинтеза выглядит так



Некоторые организмы, бактерии, способны создавать органические соединения и за счет других компонентов, например, за счет соединений серы. Такие процессы называются *хемосинтезом*.

Метаболические процессы протекают с различной интенсивностью на протяжении всей жизни организма, всего пути его индивидуального развития. *Этот его путь от зарождения и до конца жизни называется онтогенезом*. Онтогенез представляет собой совокупность последовательных морфо-

логических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом за весь период жизни.

Онтогенез включает рост организма, т.е. увеличение массы и размеров тела, и *дифференциацию*, т.е. возникновение различий между однородными клетками и тканями, приводящее их к специализации по выполнению различных функций в организме.

В онтогенезе растений различают рост, развитие (формируется взрослый организм) и старение (ослабление биосинтеза всех физиологических функций и смерть).

Современный онтогенез организмов сложился в течение длительной эволюции, в результате их исторического развития – филогенеза. Не случайно этот термин ввел Э. Геккель в 1866 г., так как для целей экологии необходима реконструкция эволюционных преобразований животных, растений и микроорганизмов. Этим занимается наука – филогенетика, которая базируется на данных трех наук – морфологии, эмбриологии и палеонтологии.

Взаимосвязь между развитием живого в историко-эволюционном плане и индивидуальным развитием организма сформулирована Э. Геккелем в виде *биогенетического закона: онтогенез всякого организма есть краткое и сжатое повторение филогенеза данного вида.* Иными словами, вначале в утробе матери (у млекопитающих и др.), а затем, появившись на свет, индивид в своем развитии повторяет в сокращенном виде историческое развитие своего вида.

В настоящее время на Земле насчитывается более 2,2 млн видов организмов. Систематика их все более усложняется, хотя основной ее скелет остается почти неизменным со времени ее создания выдающимся шведским ученым Карлом Линнеем в середине XVII в.

Известно, что издавна органический мир делился на два царства – животных и растений. Однако в наше время его уже следует делить на, две империи – доклеточные (вирусы и фаги) и клеточные (все остальные организмы). Империя доклеточных состоит из одного царства – вирусов (фаги тоже

вирусы-паразиты). Империя клеточных состоит уже из двух надцарств и четырех царств и еще семи подцарств (табл. 1).

Таблица 1

Высшие таксоны систематики империи клеточных организмов

Надцарства	Царства	Подцарства
А. Доядерные организмы (<i>Protocaryota</i>)	Дробянки (<i>Mychota</i>)	1. Бактерии (<i>Bacteriobionta</i>)
		2. Цианен или сине-зеленые водоросли (<i>Cyanobionta</i>)
В. Ядерные организмы (<i>Eucaryota</i>)	I. Животные (<i>Animalia</i>)	1. Одноклеточные животные – простейшие (<i>Protozoa</i>)
		2. Многоклеточные животные (<i>Metazoa</i>)
	II. Грибы (<i>Mycetalia</i> или <i>Mycota</i>)	1. Низшие грибы (<i>Muxobionta</i>)
		2. Высшие грибы (<i>Mycobionta</i>)
	III. Растения (<i>Vegetabilia</i> или <i>Plautae</i>)	1. Багрянки (<i>Rhodobionta</i>)
		2. Настоящие водоросли (<i>Phycobionta</i>)
		3. Высшие растения (<i>Embryobionta</i>)

Оказалось, что на Земле существуют две большие группы организмов, различия между которыми намного более глубоки, чем между высшими растениями и высшими животными, и, следовательно, по праву среди клеточных были выделены два надцарства: прокариотов – низко организованных доядерных и эукариотов – высокоорганизованных ядерных.

Прокариоты (Procaryota) представлены царством так называемых дробянок; к которым относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, в клетках которых нет ядра и ДНК в них не отделяется от цитоплазмы никакой мембраной.

Эукариоты (Eucaryota) представлены тремя царствами: животных, грибов и растений, клетки которых содержат ядро и ДНК отделена от цитоплазмы ядерной мембраной, поскольку находится в самом ядре. Грибы выделены в отдельное царство, так как оказалось, что они не только не относятся к растениям, но имеют, вероятно, происхождение от амeboидных двужгутиковых простейших, т.е. имеют более тесную связь с животным миром.

Всю совокупность растительных организмов данной территории планеты любой детальности (региона, района и т.д.) называют флорой, а совокуп-

ность животных организмов – фауной. Флора и фауна данной территории в совокупности составляют биоту.

Среда обитания организма – это совокупность абиотических и биотических уровней его жизни.

Земной биотой освоены три основные среды обитания: водная, наземно-воздушная и почвенная вместе с горными породами приповерхностной части литосферы. Биологи еще часто выделяют четвертую среду жизни – сами живые организмы, заселенные паразитами и симбионтами.

Воздействие среды воспринимается организмами через посредство факторов среды, называемых экологическими.

Экологические факторы – это определенные условия и элементы среды, которые оказывают специфическое воздействие на организм. Они подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотическими факторами называют всю совокупность факторов неорганической среды, влияющих на жизнь и распространение животных и растений. Среди них различают *физические, химические и эдафические*.

Физические факторы – это те, источником которых служит физическое состояние или явление (механическое, волновое и др.). Например, температура – если она высокая, будет ожог, если очень низкая – обмороживание. На действие температуры могут повлиять и другие факторы: в воде – течение, на суше – ветер и влажность, т.п.

Химические факторы – это те, которые происходят от химического состава среды. Например, соленость воды, если она высокая, жизнь в водоеме может вовсе отсутствовать (Мертвое море), но в то же время, в пресной воде не могут жить большинство морских организмов. От достаточности содержания кислорода зависит жизнь животных на суше и в воде, и т.п.

Эдафические факторы, т.е. почвенные, – это совокупность химических, физических и механических свойств почв и горных пород, оказывающих воздействие как на организмы, живущие в них, т.е. для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений. Хорошо из-

вестны влияния химических компонентов (биогенных элементов), температуры, влажности, структуры почв, содержания гумуса и т.п. на рост и развитие растений.

Однако не только абиотические факторы влияют на организмы.

Организмы образуют сообщества, где им приходится бороться за пищевые ресурсы, за обладание определенными пастбищами или территорией охоты, т.е. вступать в конкурентную борьбу между собой как на внутривидовом, так и, особенно, на межвидовом уровне. Это уже *факторы живой природы, или биотические факторы*.

Биотические факторы – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания. В последнем случае речь идет о способности самих организмов в определенной степени влиять на условия обитания. Например, в лесу под влиянием растительного покрова создается особый микроклимат, или микросреда, где по сравнению с открытым местообитанием создается свой температурно-влажностный режим: зимой здесь на несколько градусов теплее, летом – прохладнее и влажнее. Особая микросреда создается также в дуплах деревьев, в норах, пещерах и т.п.

Внутривидовые взаимодействия между особями одного и того же вида складываются из группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции. Групповой и массовый эффекты обозначают объединение животных одного вида в группы по две или более особей и эффект, вызванный перенаселением среды. В настоящее время чаще всего эти эффекты называются *демографическими факторами*. Они характеризуют динамику численности и плотность групп организмов на популяционном уровне, в основе которой лежит внутривидовая конкуренция, которая в корне отличается от межвидовой. Она проявляется в основном в территориальном поведении животных, которые защищают места своих гнездовых и известную площадь в округе. Так действуют многие птицы и рыбы.

Межвидовые взаимоотношения значительно более разнообразны. Два живущие рядом вида могут вообще никак не влиять друг на друга, могут влиять и благоприятно, и неблагоприятно. *Возможные типы комбинаций и отражают различные виды взаимоотношений:*

- *нейтрализм* – оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга;
- *конкуренция* – каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие;
- *мутуализм* – виды не могут существовать друг без друга;
- *протокооперация (содружество)* – оба вида образуют сообщество, но могут существовать и раздельно, хотя сообщество приносит им обоим пользу;
- *комменсализм* – один вид, комменсал, извлекает пользу от сожительства, а другой вид – хозяин не имеет никакой выгоды (взаимная терпимость);
- *аменсализм* – один вид, аменсал, испытывает от другого угнетение роста и размножения;
- *паразитизм* – паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызвать его гибель;
- *хищничество* – хищный вид питается своей жертвой.

Межвидовые отношения лежат в основе существования биотических сообществ (биоценозов).

Антропогенные факторы – факторы, порожденные человеком и воздействующие на окружающую среду (загрязнение, эрозия почв, уничтожение лесов и т.д.), рассматриваются в прикладной экологии.

Адаптация (лат. «приспособление») – *приспособление организмов среде*. Этот процесс охватывает строение и функции организмов (особей, видов, популяций) и их органов. Адаптация всегда развивается под воздействием трех основных факторов – изменчивости, наследственности и естественного отбора (равно как и искусственного, – осуществляемого человеком).

Основные адаптации организмов к факторам внешней среды наследственно обусловлены. Они формировались на историко-эволюционном пути биоты и изменялись вместе с изменчивостью экологических факторов. Организмы адаптированы к постоянно действующим периодическим факторам, но среди них важно различать первичные и вторичные.

Первичные – это те факторы, которые существовали на Земле еще до возникновения жизни: температура, освещенность, приливы, отливы и др. Адаптация организмов к этим факторам наиболее древняя и наиболее совершенная.

Вторичные периодические факторы являются следствием изменения первичных: влажность воздуха, зависящая от температуры; растительная пища, зависящая от цикличности в развитии растений; ряд биотических факторов внутривидового влияния и др. Они возникли позднее первичных, и адаптация к ним не всегда четко выражена.

В нормальных условиях в местообитании должны действовать только периодические факторы, непериодические – отсутствовать.

Впервые на значение лимитирующих факторов указал немецкий агрохимик Ю. Либих в середине XIX в. Он установил *закон минимума: урожай (продукция) зависит от фактора, находящегося в минимуме*. Если в почве полезные компоненты в целом представляют собой уравновешенную систему и только какое-то вещество, например, фосфор, содержится в количествах, близких к минимуму, то это может снизить урожай. Но оказалось, что даже те же самые минеральные вещества, очень полезные при оптимальном содержании их в почве, снижают урожай, если они в избытке. Значит, факторы могут быть лимитирующими, находясь и в максимуме.

Таким образом, *лимитирующими экологическими факторами следует называть такие факторы, которые ограничивают развитие организма из-за их недостатка или избытка по сравнению с потребностью (оптимальным содержанием). Их иногда называют ограничивающими факторами.*

Что касается закона минимума Ю. Либиха, то он имеет ограниченное действие и только на уровне химических веществ. Р. Митчерлих показал, что урожай зависит от совокупного действия всех факторов жизни растений, включая сюда температуру, влажность, освещенность и т.д.

Различия в совокупном и изолированном действиях относятся и к другим факторам. Например, с одной стороны, действие отрицательных температур усиливается ветром и высокой влажностью воздуха, но с другой – высокая влажность ослабляет действие высоких температур и т.д. Но, несмотря на взаимовлияние факторов, все-таки они не могут заменить друг друга, что и нашло отражение в *законе независимости факторов В.Р. Вильямса: условия жизни равнозначны, ни один из факторов жизни не может быть заменен другим*. Например, нельзя действие влажности (воды) заменить действием углекислого газа или солнечного света и т.д.

Наиболее полно и в наиболее общем виде всю сложность влияния экологических факторов на организм отражает *закон толерантности В. Шелфорда: отсутствие или невозможность процветания определяется недостатком (в качественном или количественном смысле) или, наоборот, избытком любого из ряда факторов, уровень которых может оказаться близким к пределам переносимого данным организмом*. Эти два предела называют пределами толерантности.

Раздел 1.2. Экология популяций. Экология биотических сообществ.

Экологические системы

Рассматриваемые вопросы: экология популяций (демэкология): количественные показатели популяций; продолжительность жизни вида; динамика численности популяций; экологические стратегии выживания. Экология биотических сообществ (синэкология): видовая структура сообществ и способы ее оценки; пространственная структура сообществ; экологическая ниша и взаимоотношения организмов в сообществе.

Экологические системы: концепция, масштабы и трофическая структура экосистемы; гомеостаз экосистемы; энергетические потоки в экосистеме; экологические пирамиды; динамика экосистемы.

Экология популяций (демэкология)

«Популяция – любая, способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, более или менее изолированная в пространстве и времени от других аналогичных совокупностей одного и того же вида» (Гиляров, 1990).

Популяция – именно та «ячейка» биоты, которая является основой ее существования: в ней происходит самовоспроизводство живого вещества, она обеспечивает выживание вида, благодаря наследственности адаптационных качеств, она дает начало новым популяциям и процессам видообразования, т.е. является элементарной единицей эволюционного процесса, тогда как вид есть его качественный этап.

Известно, что важнейшими являются количественные характеристики, которые позволяют решить большинство проблем качественного характера.

Выделяют две группы количественных показателей – статические и динамические.

Статические показатели характеризуют состояние популяции на данный момент времени.

К статическим показателям популяций относятся их численность, плотность и показатели структуры.

Численность – это поголовье животных или количество растений, например, деревьев, в пределах некоторой пространственной единицы – ареала, бассейна реки, акватории моря, области, района и т.д.

Плотность – число особей, приходящихся на единицу площади, например, плотность населения – количество человек, приходящееся на один квадратный километр, или для гидробионтов – это количество особей на единицу объема, на литр или кубометр.

Показатели структуры: половой – соотношение полов, размерный – соотношение количества особей разных размеров, возрастной – соотношение количества особей различного возраста в популяции.

Важнейшим условием существования популяций является их толерантность к факторам (условиям) среды. Толерантность у разных особей и к разным частям спектра разная, поэтому толерантность популяции значительно шире, чем у отдельных особей. Но из этого правила могут быть исключения, зависящие от того, какую стадию жизненного цикла проходит особь: толерантность наибольшая у покоящейся особи.

Итак, свойства популяции уже значительно отличаются от свойств отдельных особей, что особенно наглядно проявляется в динамике популяций.

Динамические показатели характеризуют процессы, протекающие в популяции за какой-то промежуток (интервал) времени.

Основными динамическими показателями (характеристиками) популяций являются рождаемость, смертность и скорость роста популяций.

Рождаемость, или скорость рождаемости – это число особей, рождающихся в популяции за единицу времени. При рассмотрении экосистем пользуются другим динамическим показателем – *продукцией* – суммой прироста массы всех особей (независимо от того, сколько они прожили) из множества популяций биогенного сообщества за определенный промежуток времени.

Смертность, или скорость смертности – это число особей, погибших в популяции в единицу времени.

Но убыль или прибыль организмов в популяции зависит не только от рождаемости и смертности, но и от скорости их иммиграции и эмиграции.

Скорость иммиграции и эмиграции – это есть соответственно количество особей, прибывших и убывших в популяции в единицу времени. Но убыль и прибыль организмов в популяции зависят не только от рождаемости и смертности, но и от скорости их иммиграции и эмиграции, т.е. от количества особей прибывших и убывших в популяции в единицу времени. Увеличе-

ние численности, прибыль, зависит от количества отрожденных (рожденных за какой-то период времени) и иммигрировавших особей, а уменьшение, убыль численности – от гибели (смертности в широком смысле) и эмиграции особей.

Продолжительность жизни вида зависит от условий (факторов) жизни. *Различают физиологическую и максимальную продолжительность жизни.*

Физиологическая продолжительность жизни – это такая продолжительность жизни, которая определяется только физиологическими возможностями организма. Теоретически она возможна, если допустить, что в период всей жизни организма на него не оказывают влияние лимитирующие факторы.

Максимальная продолжительность жизни – это такая продолжительность жизни, до которой может дожить лишь малая доля особей в реальных условиях среды. Эта величина варьирует в широких пределах: от нескольких минут у бактерий до нескольких тысячелетий у древесных растений (секвойя). Обычно, чем крупнее растение или животное, тем больше их продолжительность жизни, хотя бывают и исключения (летучие мыши доживают до 30 лет, это дольше, например, жизни медведя).

Определиться со структурой продолжительности жизни можно вскрыв механизмы общей смертности, т.е. увязав смертность и рождаемость с возрастной структурой популяции. *Такую информацию можно подучить с помощью таблиц выживания.*

Таблицы выживания, или еще их называют «демографическими таблицами», содержат сведения о характере распределения смертности по возрастам. Демография изучает размещение, численность, состав и динамику народонаселения, а эти таблицы она использует для определения ожидаемой продолжительности жизни человека.

Таблицы выживания бывают динамические и статические.

Данные таблиц выживания позволяют построить *кривые выживания*, или их еще называют *кривыми дожития*, так как отражают зависимость ко-

личества доживших до определенного возраста особей от продолжительности этого интервала с самого момента отрождения организмов.

Выделяют три типа основных кривых выживания (рис. 2), к которым в той или иной мере приближаются все известные кривые.

Кривая I типа, когда на протяжении всей жизни смертность ничтожно мала, резко возрастающая в конце нее; характерна для насекомых, которые обычно гибнут после кладки яиц (ее и называют «кривой дрозофилы»), к ней приближаются кривые выживания человека в развитых странах, а также некоторых крупных млекопитающих.

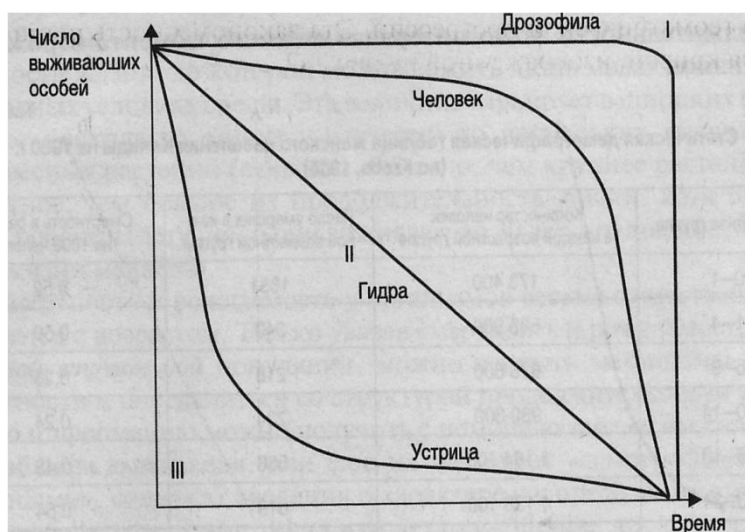


Рис. 2. Различные типы кривых выживания (Deevey, 1950)

Моллюски, прежде чем закрепиться на дне, проходят личиночную стадию в планктоне, где личинки гибнут в огромных количествах, поэтому кривую III называют еще «кривой устрицы».

Кривая II типа (диагональная) характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни. Такое распределение смертности не столь уж редкое явление среди организмов. Встречаются они среди рыб, пресмыкающихся, птиц, многолетних травянистых растений.

Реальные кривые выживания часто представляют собой некоторую комбинацию указанных выше «основных типов». Например, у крупных мле-

копитающих, да и у людей, живущих в отсталых странах, кривая I вначале круто падает за счет повышенной смертности сразу после рождения.

Логистическая модель роста популяции предполагает наличие некой равновесной (асимптотической) численности и плотности. В этом случае рождаемость и смертность должны быть равны. Если рождаемость и смертность не равны, то должны действовать факторы, изменяющие либо рождаемость, либо смертность.

Факторы, регулирующие плотность популяции, делятся на зависимые и независимые от плотности. Зависимые изменяются с изменением плотности, а *независимые* остаются постоянными при ее изменении. Практически, первые – это биотические, а вторые – абиотические факторы.

Влияние независимых от плотности факторов хорошо прослеживается на сезонных колебаниях численности планктонных водорослей. Например, в системе Манычских водохранилищ (Северное Предкавказье) диатомовые водоросли дают два «пика» численности – весной (конец апреля) и осенью (конец сентября), а в остальное время действуют (точнее, преобладают) зависимые от плотности факторы – конкурентная борьба на выживание с бурно развивающимися летом зелеными и сине-зелеными водорослями.

Помимо выше описанной регуляции существует еще *саморегуляция*, при которой на численности популяции сказывается изменение качества особей. *Различают саморегуляцию фенотипическую и генотипическую.*

Фенотипы – совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе онтогенеза на основе данного генотипа. Дело в том, что при большой скученности (плотности) образуются разные фенотипы за счет того, что в организмах происходят физиологические изменения в результате так называемой стресс-реакции (ди-стресс), вызываемой неестественно большим скоплением особей. Например, у самок грызунов происходит воспаление надпочечников, что ведет к сокращению рождаемости.

Генотипические причины саморегуляции плотности популяций связаны с наличием в ней, по крайней мере, двух разных генотипов, возникших в результате рекомбинации генов.

Примером, подтверждающим воздействие генотипических изменений, являются известные с незапамятных времен насекомые – саранча. У саранчевых имеются две разнокачественные группы – одиночная и стадная формы, которые морфологически существенно отличаются. В благоприятные по влажности года преобладают особи одиночной формы, и популяция находится в равновесии. В результате же нескольких подряд засушливых лет создаются условия для развития особей стадной фазы.

У стадной формы вылупившиеся из яиц молодые особи (нимфы) быстро двигаются, лучше обеспечены водой и запасами питательных веществ и, хотя у них плодовитость меньше, за счет лучшей выживаемости, более быстрого развития и ярко выраженной способности собираться в группы, процесс размножения идет очень быстро и с нарастающей скоростью.

Образовавшиеся огромные стаи переносятся ветром на громадные расстояния. Так, мигрирующие очень быстро стаи красной саранчи в центральной Африке могут занимать площадь, в 1500 раз превышающую области обитания одиночной фазы. Если во время миграции будет найдено место, благоприятное по условиям для размножения, размер стад может увеличиться до невероятных значений. Так, стая красной саранчи, совершившая налет в Сомали в 1957 г., состояла из $1,6 \cdot 10^{10}$ особей, и масса ее достигала 50 тыс. т. Если учесть, что за день одна саранча съедает столько, сколько весит сама, то нетрудно представить колоссальные размеры бедствий. Именно такие нашествия насекомых рассматривались как одно из стихийных бедствий на Международном экологическом конгрессе в Йокогаме (1994).

Экологическая стратегия выживания – стремление организмов к выживанию. Экологических стратегий выживания множество. Например, еще в 30-х гг. А. Г. Роменский среди растений, различал три основных типа страте-

гий выживания, направленных на повышение вероятности выжить и оставить после себя потомство: виоленты, пациенты и эксплеренты.

Виоленты (силовики) – подавляют всех конкурентов, например, деревья, образующие коренные леса.

Пациенты – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях («тенелюбивые», «солелюбивые» и т.п.).

Эксплеренты (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества – на вырубках и гарях (осины), на отмелях и т.д.

Экология биотических сообществ (синэкология)

Под *биотическим сообществом* понимается *биоценоз*, поскольку сообщество представляет собой население биотопа, а *биотоп* – это место жизни биоценоза. Функционируя в непрерывном единстве, биоценоз и биотоп образуют *биогеоценоз*, или *экосистему*.

Биоценоз – это надорганизменная система, состоящая из трех компонентов: растительности, животных и микроорганизмов.

Границы биоценоза совпадают с границами биотопа и, следовательно, с границами экосистемы. Биотическое сообщество (биоценоз) – это более высокий уровень организации, чем популяция, которая является его составной частью.

Биоценоз обладает сложной внутренней структурой. Выделяют видовую и пространственную структуры биоценозов.

Для существования сообщества важна не только величина численности организмов, но еще важнее видовое разнообразие, которое является основой биологического разнообразия в живой природе. Согласно конвенции о биологическом разнообразии Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) под *биоразнообразием* понимается *разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем*.

Разнообразие в рамках вида является основой стабильности в развитии популяций, разнообразие между видами и, следовательно, популяциями – основа существования биоценоза, как основной части экосистемы.

Видовая структура биоценоза характеризуется видовым разнообразием и количественным соотношением видов, зависящих отряда факторов. Главными лимитирующими факторами являются температура, влажность и недостаток пищевых ресурсов.

Виды, которые преобладают по численности, называют доминантными, или просто – *доминантами данного сообщества*. Но и среди них *есть такие, без которых другие виды существовать не могут. Их называют эдификаторами* (с лат. – строители). Они определяют микросреду (микроклимат) всего сообщества и их удаление грозит полным разрушением биоценоза. Как правило, эдификаторами выступают растения – ель, сосна, кедр, ковыль и лишь изредка – животные (сурки).

«Второстепенные» виды – малочисленные и даже редкие – тоже очень важны в сообществе. Их преобладание – это гарантия устойчивого развития сообществ. В наиболее богатых биоценозах практически все виды малочисленны, но чем беднее видовой состав, тем больше видов доминантов. При определенных условиях могут быть «вспышки» численности отдельных доминантов.

Для оценки разнообразия используют и другие показатели, которые значительно дополняют вышеуказанные. *Обилие вида* – число особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого ими пространства. *Степень доминирования* – отношение (обычно в процентах) числа особей данного вида к общему числу всех особей рассматриваемой группировки.

Виды в биоценозе образуют и определенную пространственную структуру, особенно в его растительной части – фитоценозе. Прежде всего, четко определяется *вертикальное ярусное строение в лесах умеренного и тропического поясов* (рис. 3). Например, в широколиственных лесах можно выделить пять-шесть ярусов: первый – деревья первой величины (дуб, липа, вяз); вто-

рой – деревья второй величины (рябина, яблоня, груша, черемуха и др.); третий – подлесок кустарниковый (крушина, жимолость, бересклет и др.); четвертый состоит из высоких трав, а пятый и шестой, соответственно, из более низких трав. Ярусность выражена в травянистых сообществах, но не столь явно, как в лесах. Ярусность позволяет растениям более полно использовать световой поток – в верхних ярусах светолюбивые, в нижних – теневыносливые и в самом низу – улавливают остаток света тенелюбивые растения.

Помимо ярусности в пространственной структуре биоценоза наблюдается *мозаичность* – изменение растительности и животного мира по горизонтали. Площадная мозаичность зависит от разнообразия видов, количественного их взаимоотношения, от изменчивости ландшафтных и почвенных условий. Мозаичность может возникнуть и искусственно – в результате вырубки лесов человеком. На вырубках формируется новое сообщество.

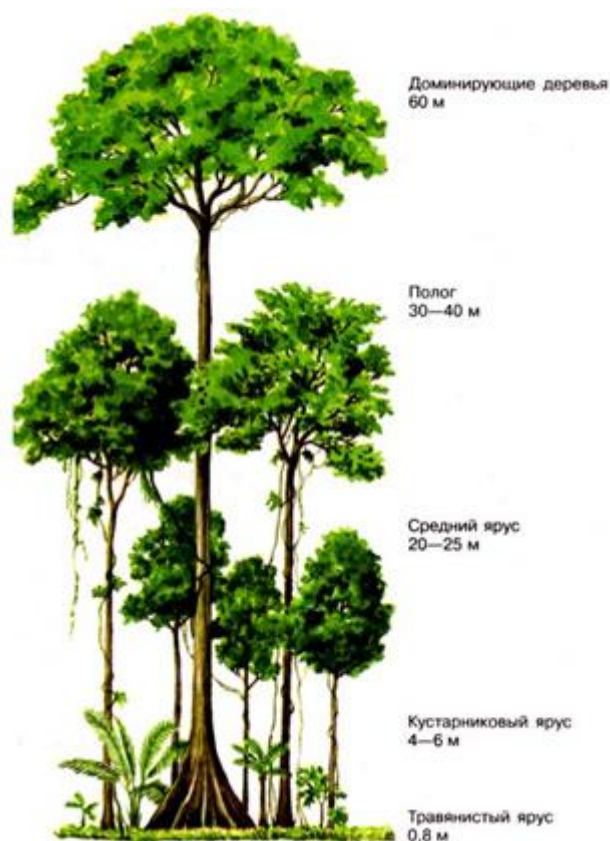


Рис. 3. Вертикальная ярусность

Экологическая ниша – место вида в природе, преимущественно в биоценозе, включающее как положение его в пространстве, так и функциональ-

ную его роль в сообществе, отношение к абиотическим условиям существования. Важно подчеркнуть, что эта ниша не просто физическое пространство, занимаемое организмом, но и его место в сообществе, определяемое его экологическими функциями. Ю. Одум образно представил экологическую нишу как занятие, «профессию» организма в той системе видов, к которой он принадлежит, а его местообитание – это «адрес» вида.

Знание экологической ниши позволяет ответить на вопросы, как, где и чем питается вид, чьей добычей он является, каким образом и где он отдыхает и размножается.

Экологическая ниша – это область комбинаций таких значений факторов среды, в пределах которой данный вид может существовать неограниченно долго.

Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, называют *фундаментальной*, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе, – *реализованной*.

Реализованная ниша – это та часть фундаментальной ниши, которую данный вид, популяция, в состоянии «отстоять» в конкурентной борьбе. Конкуренция, по Ю. Одуму, – отрицательные взаимодействия двух организмов, стремящихся к одному и тому же. Межвидовая конкуренция – это любое взаимодействие между популяциями, которое вредно сказывается на их росте и выживании. Конкуренция проявляется в виде борьбы видов за экологические ниши.

Межвидовая конкуренция за ресурсы может касаться пространства, пищи, биогенных веществ и т.п. Именно уменьшение ресурсов приводит к ситуациям, когда мы имеем дело лишь с отрицательными взаимодействиями. Результатом межвидовой конкуренции может быть либо взаимное приспособление двух видов, либо популяция одного вида замещается популяцией другого вида, а первый вынужден переселиться на другое место или перейти на другую пищу. Если виды живут в разных местах, то говорят, что они занимают разные экологические ниши, если же они живут в одном месте, но

потребляют разную пищу, то говорят об их несколько различающихся экологических нишах. *Процесс разделения популяциями видов пространства и ресурсов называется дифференциацией экологических ниш.*

Главный результат дифференциации ниш – снижение конкуренции.

Экологические системы

«Любая единица (биосистема), включающая все совместно функционирующие организмы (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот веществ между живой и неживой частями, представляет собой *экологическую систему*, или *экосистему*» (Ю. Одум).

Главным предметом исследования при экосистемном подходе в экологии, становятся процессы трансформации вещества и энергии между биотой и физической средой, т.е. возникающий биогеохимический круговорот веществ в экосистеме в целом (рис. 4).

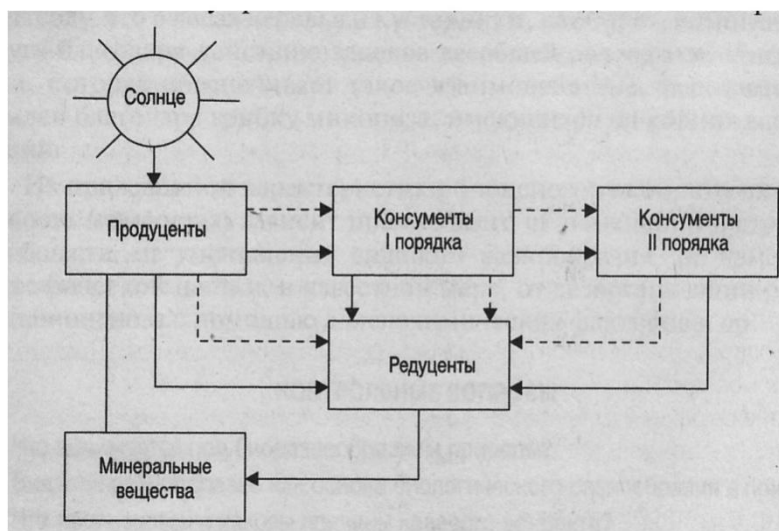


Рис. 4. Схема переноса вещества (сплошная линия) и энергии (пунктирная линия) в природных экосистемах

Это позволяет дать обобщенную интегрированную оценку результатов жизнедеятельности сразу многих отдельных организмов многих видов, так как по биогеохимическим функциям, т.е. по характеру осуществляемых в

природе процессов превращения вещества и энергии, организмы более разнообразны, чем по своим морфологическим признакам и строению. Например, все высшие растения потребляют одни и те же вещества, все они используют свет и, благодаря фотосинтезу, образуют близкие по составу органические вещества и выделяют кислород.

В настоящее время концепция экосистемы – это одно из наиболее главных обобщений биологии – играет весьма важную роль в экологии.

Выделяют микроэкосистемы (подушка лишайника и т.п.), мезоэкосистемы (пруд, озеро, степь и др.), макроэкосистемы (континент, океан) и, наконец, глобальную экосистему (биосфера Земли), или экосферу, – интеграцию всех экосистем мира.

Природные экосистемы – это открытые системы: они должны получать и отдавать вещества и энергию.

Запасы веществ, усвояемые организмами и, прежде всего, продуцентами, в природе неограничены. Если бы эти вещества не использовались многократно, а точнее не были бы вовлечены в этот вечный круговорот, то жизнь на Земле была бы вообще невозможна. Такой «бесконечный» круговорот (рис. 3) биогенных компонентов возможен лишь при наличии функционально различных групп организмов, способных осуществлять и поддерживать поток веществ, извлекаемых ими из окружающей среды.

Для поддержания круговорота веществ в экосистеме необходимы неорганические молекулы в усвояемой для продуцентов форме, консументы, питающиеся продуцентами и другими консументами, а также редуценты, восстанавливающие органические вещества снова до неорганических молекул для питания продуцентов.

С точки зрения пищевых взаимодействий организмов *трофическая структура экосистемы делится на два яруса:*

1) *верхний автотрофный ярус*, или «зеленый пояс», включающий фотосинтезирующие организмы, создающие сложные органические молекулы из неорганических простых соединений;

2) *нижний гетеротрофный ярус*, или «коричневый пояс» почв и осадков, в котором преобладает разложение отмерших органических веществ снова до простых минеральных образований.

Однако чтобы разобраться в сложных биологических взаимодействиях в экосистеме, следует выделить ряд компонентов, об экологической роли которых мы уже говорили выше:

1) *неорганические вещества* (C, N, CO₂, H₂O, P, O и др.), участвующие в круговоротах;

2) *органические соединения* (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части;

3) *воздушную, водную и субстратную среду*, включающую абиотические факторы;

4) *продуцентов* – автотрофных организмов, в основном зеленых растений, способных производить пищу из простых неорганических веществ;

5) *консументов*, или *фаготрофов* (пожирателей), – гетеротрофы, в основном, животные, питающиеся другими организмами или частицами органического вещества;

6) *редуцентов*, или *сапротрофов* (питающихся гнилью), – гетеротрофных организмов, в основном бактерий и грибов, получающих энергию путем разложения отмершей или поглощения растворенной органики. Сапротрофы высвобождают неорганические элементы питания для продуцентов и, кроме того, являются пищей для консументов.

Вся жизнь на Земле существует за счет солнечной энергии. Свет – единственный на Земле пищевой ресурс, энергия которого, в соединении с углекислым газом и водой, рождает процесс фотосинтеза. Фотосинтезирующие растения создают органическое вещество, которым питаются травоядные животные, ими питаются плотоядные и т.д., в конечном итоге, растения «кормят» весь остальной живой мир, т.е. солнечная энергия через растения как бы передается всем организмам.

Энергия передается от организма к организму, создающих пищевую, или трофическую цепь: от автотрофов, продуцентов (создателей) к гетеротрофам, консументам (пожирателям) и так четыре-шесть раз с одного трофического уровня на другой.

Трофический уровень – это место каждого звена в пищевой цепи.

Первый трофический уровень – это продуценты, все остальные – консументы. Второй трофический уровень – это растительноядные консументы; третий – плотоядные консументы, питающиеся растительноядными формами; четвертый – консументы, потребляющие других плотоядных и т.д. Следовательно, можно и консументов разделить по уровням: консументы первого, второго третьего и т.д. порядков.

Четко распределяются по уровням лишь консументы, специализирующиеся на определенном виде пищи. Однако есть виды, питающиеся мясом и растительной пищей (человек, медведь и др.), которые могут включаться в пищевые цепи на любом уровне.

Пища, поглощаемая консументом, усваивается не полностью – от 12 до 20 % у некоторых растительноядных, до 75 % и более – у плотоядных. Энергетические затраты связаны прежде всего с поддержанием метаболических процессов, которые называют тратой на дыхание, оцениваемых общим количеством CO_2 , выделенного организмом. Значительно меньшая часть идет на образование тканей и некоторого запаса питательных веществ, т.е. на рост. Остальная часть пищи выделяется в виде экскрементов. Кроме того, значительная часть энергии рассеивается в виде тепла при химических реакциях в организме и, особенно, при активной мышечной работе. В конечном итоге вся энергия, использованная на метаболизм, превращается в тепловую и рассеивается в окружающей среде.

Таким образом, большая часть энергии при переходе с одного трофического уровня на другой, более высокий, теряется. Приблизительно потери составляют около 90 %: на каждый следующий уровень передается не более 10 % энергии от предыдущего уровня. Так, если калорийность продуцента

1000 Дж, то при попадании в тело фитофага остается 100 Дж, в теле хищника уже 10 Дж, а если этот хищник будет съеден другим, то на его долю останется лишь 1 Дж, т.е. 0,1 % от калорийности растительной пищи.

Однако такая строгая картина перехода энергии с уровня на уровень не совсем реальна, поскольку *трофические цепи экосистем сложно переплетаются, образуя трофические сети*. Но конечный итог: рассеивание и потеря энергии, которая, чтобы существовала жизнь, должна возобновляться.

Нельзя забывать еще и мертвую органику, которой питается значительная часть гетеротрофов. Среди них есть и сапрофаги и сапрофиты (грибы), использующие энергию, заключенную в детрите. Поэтому *различают два вида трофических цепей*:

- *цепи выедания, или пастбищные*, которые начинаются с поедания фотосинтезирующих организмов;
- *детритные цепи разложения*, которые начинаются с остатков отмерших растений, трупов и экскрементов животных.

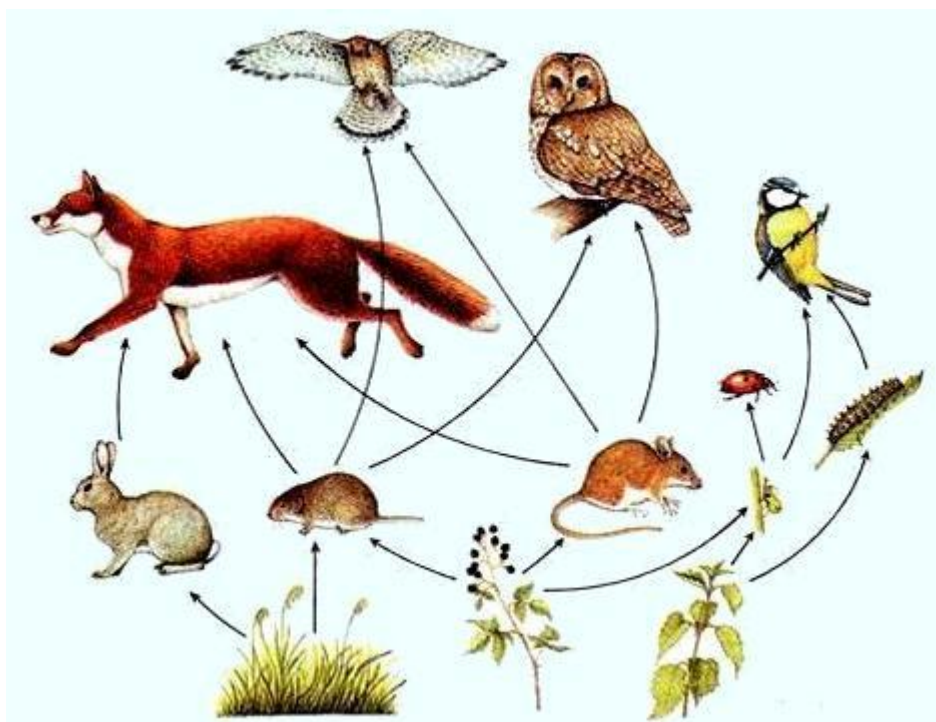


Рис. 5. Трофические сети

Таким образом, входя в экосистему, поток лучистой энергии разбивается на две части, распространяясь по двум видам трофических сетей, но источник энергии общий – солнечный свет.

Продуктивность экологической системы – это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое затем может быть использовано в качестве пищи.

Различают разные уровни продуцирования, на которых создается первичная и вторичная продукция.

Органическая масса, создаваемая продуцентами в единицу времени, называется *первичной продукцией*, а прирост за единицу времени массы консументов – *вторичной продукцией*.

Первичная продукция подразделяется как бы на два уровня – валовую и чистую продукцию.

Валовая первичная продукция – это общая масса валового органического вещества, создаваемая растением в единицу времени при данной скорости фотосинтеза, включая и траты на дыхание.

Растения тратят на дыхание от 40 до 70 % от валовой продукции. Меньше всего ее тратят планктонные водоросли – около 40 % от всей использованной энергии. Та часть валовой продукции, которая не израсходована «на дыхание», называется *чистой первичной продукцией*: она представляет собой величину прироста растений и именно эта продукция потребляется консументами и редуцентами.

Вторичная продукция не делится уже на валовую и чистую, так как консументы и редуценты, т.е. все гетеротрофы, увеличивают свою массу за счет первичной продукции, т.е. используют ранее созданную продукцию.

Рассчитывают вторичную продукцию отдельно для каждого трофического уровня, так как она формируется за счет энергии, поступающей с предшествующего уровня.

Все живые компоненты экосистемы – продуценты, консументы и редуценты – составляют общую биомассу («живой вес») сообщества в целом или его отдельных частей, тех или иных групп организмов.

В стабильных сообществах практически вся продукция тратится в трофических сетях, и биомасса остается постоянной.

Функциональные взаимосвязи, т.е. трофическую структуру, можно изобразить графически, в виде так называемых *экологических пирамид*. Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а последующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды.

Известны три основных типа экологических пирамид.

1) *пирамида чисел*, отражающая численность организмов на каждом уровне (пирамида Элтона);

2) *пирамида биомассы*, характеризующая массу живого вещества – общий сухой вес, калорийность и т.д.;

3) *пирамида продукции (или энергии)*, имеющая универсальный характер, показывающая изменение первичной продукции (или энергии) на последовательных трофических уровнях.

Пирамида чисел отображает отчетливую закономерность, обнаруженную Элтоном: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается. В основе этой закономерности лежит, во-первых, тот факт, что для уравнивания массы большого тела необходимо много маленьких тел; во-вторых, от низших трофических уровней к высшим теряется количество энергии (от каждого уровня до предыдущего доходит лишь 10 % энергии) и, в-третьих, – обратная зависимость метаболизма от размера особей (чем мельче организм, тем интенсивнее обмен веществ, тем выше скорость роста их численности и биомассы) (рис. 6).

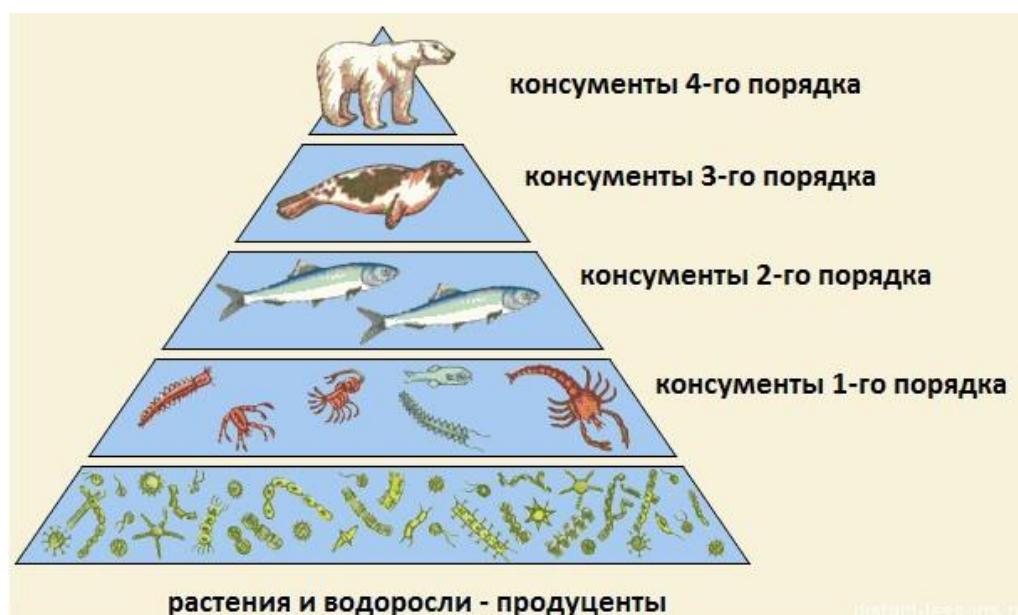


Рис. 6. Пирамида чисел

Однако пирамиды численности будут сильно различаться по форме в разных экосистемах, поэтому численность лучше приводить в табличной форме, а вот биомассу – в графической. Она четко указывает на количество всего живого вещества на данном трофическом уровне, например, в единицах массы на единицу площади – г/м^2 или на объем, г/м^3 и т.д.

В наземных экосистемах действует следующее *правило пирамиды биомасс*: *суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников*. Это правило соблюдается, и биомасса всей цепочки изменяется с изменениями величины чистой продукции, отношение годового прироста которой к биомассе экосистемы невелико и колеблется в лесах разных географических зон от 2 до 6 %. И только в луговых растительных сообществах она может достигать 40...55 %, а в отдельных случаях, в полупустынях – до 70...75 %.

На рис. 7 показаны пирамиды биомасс некоторых биоценозов.

Как видно из рис. 7, для океана приведенное выше правило пирамиды биомасс недействительно – она имеет перевернутый (обращенный) вид. Для экосистемы океана характерна тенденция накапливания биомассы на высоких уровнях, у хищников. Хищники живут долго и скорость оборота их генераций мала, но у продуцентов – фитопланктонных водорослей – оборачивае-

мость может в сотни раз превышать запас биомассы. Это значит, что их чистая продукция и здесь превышает продукцию, поглощенную консументами, т.е. через уровень продуцентов проходит больше энергии, чем через всех консументов.

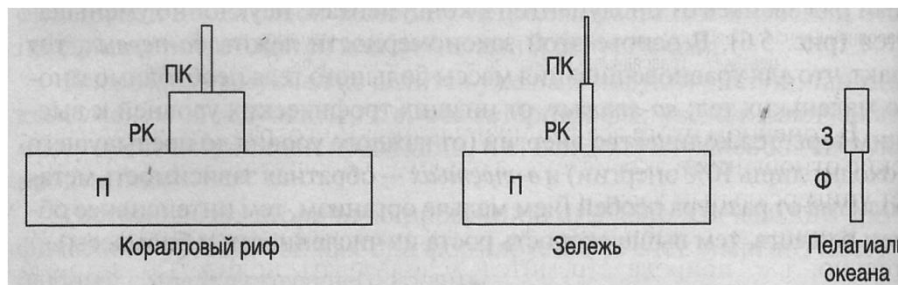


Рис. 7. Пирамида биомассы некоторых биоценозов (Ф. Дре, 1976)
 П – продуценты; РК – растительные консументы; ПК – плотоядные консументы; Ф – фитопланктон; З – зоопланктон (крайняя справа пирамида биомассы имеет перевернутый вид)

Еще более совершенным отражением влияния трофических отношений на экосистему должно быть *правило пирамиды продукции (или энергии)*: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы (или энергии), создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем. Пирамида продукции отражает законы расходования энергии в трофических цепях (рис. 8).

В конечном итоге *все три правила пирамид отражают энергетические отношения в экосистеме, а пирамида продукции (энергии) имеет универсальный характер.*

Экосистема испытывает те же динамические процессы, что и в ее популяциях и сообществах: *цикличность, смену популяций и биоценозов* и др.

Суточная, сезонная и многолетняя периодичность внешних условий и проявление внутренних (эндогенных) ритмов организмов, флуктуации популяций достаточно синхронно отражаются в *цикличности* всего сообщества – биоценоза.

Суточные циклы наиболее резко выражены в условиях климата высокой континентальности, где значительная разница между дневными и ночными температурами. Например, в песчаных пустынях Средней Азии в жар-

кий полдень многие животные прячутся в норы или ведут ночной образ жизни летом, а некоторые зимой переходят на дневной (змеи, пауки и др.). Однако суточные ритмы наблюдаются во всех географических зонах, и даже в тундре в полярный день растения закрывают и открывают свои цветки в соответствии с этими ритмами.



Рис. 8. Пирамида энергии

Сезонная цикличность выражается в том, что на определенный период из биоценоза «выпадают» группы животных и даже целые популяции, выпадающие в спячку, в период диапаузы или оцепенений, при исчезновении однолетних трав, опадении листвы и т.п. Это в слабой форме выражено даже во влажных тропических лесах.

Многолетняя цикличность проявляется благодаря флуктуациям климата. Многолетняя периодичность в изменении численности биоценоза, вызванная резко неравномерным выпадением осадков по годам, с периодическим повторением засух, хорошо иллюстрируется повторением массовых размножений животных, например саранчевых (налеты саранчи).

Ю. Одум под экологической сукцессией понимает вообще весь процесс развития экосистемы. Более конкретное определение дает этому явлению

Н.Ф. Реймерс: *«Сукцессия – последовательная смена биоценозов, преемственно возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов (в том числе и внутренних противоречий самих биоценозов) или воздействия человека».*

Изменения в сообществе в результате сукцессии носят закономерный характер и обусловлены взаимодействием организмов между собой и с окружающей абиотической средой.

Экологическая сукцессия происходит в определенный отрезок времени, в который происходит изменение видовой структуры сообщества и абиотической среды его существования вплоть до кульминации его развития – возникновения стабилизированной системы. *Такую стабилизированную экосистему называют климаксом.* В этом состоянии система находится тогда, когда в ней на единицу энергии приходится максимальная биомасса и максимальное количество симбиотических связей между организмами. Однако к этому состоянию система проходит ряд стадий развития, первые из которых часто называют стадией первых поселенцев. Поэтому, *в более узком смысле, сукцессия – это последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе.*

Для возникновения сукцессии необходимо свободное пространство. *В зависимости от первоначального состояния субстрата, различают первичную и вторичную сукцессии.* Первичная сукцессия – это, если формирование сообществ начинается на первоначально свободном субстрате, а вторичная сукцессия – это последовательная смена одного сообщества, существовавшего на данном субстрате, другим, более совершенным для данных абиотических условий.

Классическим примером природной сукцессии является «старение» озерных экосистем – эвтрофикация. Оно выражается в зарастании озер растениями от берегов к центру. Здесь наблюдается ряд стадий зарастания – от начальных – дальние от берега до достигнутых у берега. В конечном итоге озеро превращается в торфяное болото, представляющее устойчивую эко-

систему климаксного типа. Но и она не вечна – на ее месте постепенно может возникнуть лесная экосистема уже благодаря наземной сукцессионной серии в соответствии с климатическими условиями местности.

Эвтрофикация водоема в значительной степени определяется притоком извне биогенных элементов. В природных условиях биогены сносятся с площади водосбора. Такая эвтрофикация имеет черты первичной прогрессивной сукцессии.

Вторичная сукцессия является, как правило, следствием деятельности человека. В частности, описанная выше смена растительности при формировании ельника чаще происходит в результате вторичной сукцессии, возникающей на вырубках ранее существовавшего леса (ельника). Вторичная сукцессия заканчивается стабильной стадией сообщества через 150...250 лет, а первичная длится 1000 лет.

Вторичная, антропогенная сукцессия проявляется также и в эвтрофикации. Бурное «цветение» водоемов, особенно искусственных водохранилищ, есть результат их обогащения биогенами, обусловленное деятельностью человека.

Последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется сукцессионной серией. Она наблюдается в природе не только в лесах, болотах и озерах, но и на стволах отмирающих деревьев и в пнях, где происходит закономерная смена сапрофитов и сапрофагов, в лужах и прудах и т.д. Иными словами сукцессии разномасштабны и иерархичны так же, как и сами экосистемы.

4.2. Модуль 2 «Учение о биосфере»

Раздел 2.1. Характеристика и состав биосферы. Учение В.И. Вернадского

Рассматриваемые вопросы: характеристика биосферы; структура и границы биосферы – аэробiosфера, гидробiosфера, литобiosфера; общее

строение планеты; состав биосферы – атмосфера, гидросфера, литосфера. Учение В.И. Вернадского.

Биосфера (от греч. *bios* – жизнь, *sphaira* – шар) – область системного взаимодействия живого и косного вещества планеты. Она представляет собой глобальную экосистему – совокупность всех биогеоценозов (экосистем) нашей планеты.

В буквальном переводе термин «биосфера» обозначает сферу жизни и в таком смысле он впервые был введен в науку в 1875 г. австрийским геологом и палеонтологом Эдуардом Зюссом, понимая под этим термином область взаимодействия основных оболочек Земли: атмосферы, гидросферы и литосферы, где встречаются живые организмы.

Однако задолго до этого под другими названиями, в частности «пространство жизни», «картина природы», «живая оболочка Земли» и т.п., его содержание рассматривалось многими другими естествоиспытателями.

Первоначально под всеми этими терминами подразумевалась только совокупность живых организмов, обитающих на нашей планете, хотя иногда и указывалась их связь с географическими, геологическими процессами, но при этом скорее обращалось внимание на зависимость живой природы от сил и веществ неорганической природы.

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж.Б. Ламарк (1744-1829). Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Рихардом Пфейфером (1845-1920) трех способов питания живых организмов:

- *автотрофное* – построение организма за счет использования веществ неорганической природы;

- *гетеротрофное* – построение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;
- *миксотрофное* – смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный).

Заслуга создания целостности учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому. Используя этот термин, он создал науку «биосфера», ввел понятие «живое вещество» – совокупность всех живых организмов, а также отвел живым организмам роль главной преобразующей силы планеты Земля, учитывая деятельность организмов не только в настоящее время, но и в прошлом. Поэтому биосфера – это все пространство, где существует или когда-либо существовала жизнь, т.е. где встречаются живые организмы или продукты их жизнедеятельности.

Ту часть биосферы, где живые организмы встречаются в настоящее время, обычно (в специальной литературе) называют современной биосферой или необиосферой, а древние биосферы относят к былым биосферам, иначе палеобиосферам или мегабиосферам. Примеры последних – безжизненные скопления органических веществ (залежи угля, нефти, газа и др.) или запасы иных соединений, образовавшихся при непосредственном участии живых организмов (известняки, ракушечники, образования мела, ряда руд и многое другое).

Биосфера включает в себя:

- *аэробииосферу* – нижнюю часть атмосферы;
- *гидробиосферу* – всю гидросферу;
- *литобиосферу* – верхние горизонты литосферы (твердой земной оболочки).

В большинстве случаев в качестве верхней теоретической границы биосферы указывают озоновый слой без уточнения его границ (рис. 9).

Границы биосферы Земли проводятся по границам распространения живых организмов, а это значит...

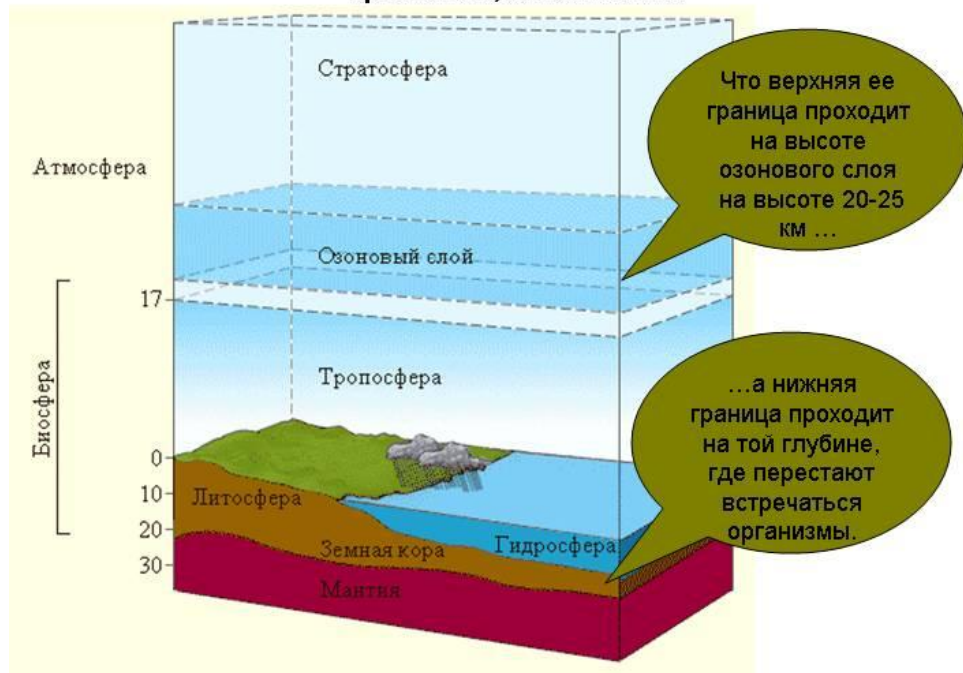


Рис. 9. Строение биосферы

Практически же максимальная высота над уровнем моря, на которой может существовать живой организм, ограничена уровнем, до которого сохраняются положительные температуры и могут жить хлорофиллосодержащие растения-продуценты (6200 м в Гималаях). Выше, до «линии снегов», обитают лишь пауки, ногохвостки и некоторые клещи, питающиеся зернами растительной пыльцы, спорами растений, микроорганизмами и другими органическими частицами, заносимыми ветром. Еще выше живые организмы могут попадаться лишь случайно. На высотах 7500...8000 м критически низкого для абсолютного большинства организмов значения достигает другой абиотический фактор – абсолютное атмосферное давление. Наиболее зависимы от величины давления птицы и летающие насекомые, преимущественно занимающие нижнюю зону (0...1000 м), хотя отдельные виды птиц (орлы, кондоры) могут постоянно жить и на высотах 4000...5000 м.

Вся толща Мирового океана по современным представлениям полностью занята жизнью.

Нижняя граница существования активной жизни традиционно определяется дном океана 11022 м (максимальная глубина Марианской впадины) и

глубиной литосферы, характеризующейся температурой 100 °С (около 6000 м, по данным сверхглубокого бурения на Кольском полуострове).

В основном жизнь в литосфере распространена лишь на несколько метров вглубь, ограничиваясь почвенным слоем. Однако по отдельным трещинам и пещерам она распространяется на сотни метров, достигая глубин 3000...4000 м.

Возможно, пределы биосферы намного шире, так как в гидротермах дна океана на глубинах около 3000 м при температуре 250 °С обнаружены организмы. На таких глубинах давление составляет около 30 МПа (300 атм), что позволяет воде присутствовать в жидком состоянии, тогда как пределы жизни ограничены точками перехода ее в пар и сворачивания белков.

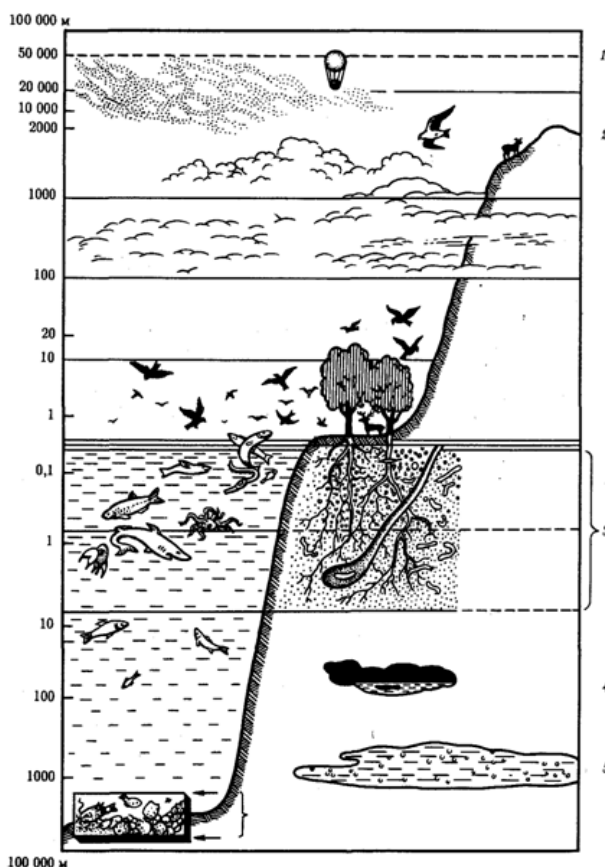


Рис. 10. Область распространения организмов в биосфере:

1 – уровень озонового слоя, задерживающего жесткое ультрафиолетовое излучение, 2 – граница снегов, 3 – почва, 4 – животные, обитающие в пещерах, 5 – бактерии в нефтяных скважинах

Теоретически на глубинах 25000 м относительно уровня моря должна иметь место критическая температура 460 °С, при которой при любом давлении вода существует только в виде пара, а следовательно, жизнь невозможна.

Осадочные породы, практически все претерпевшие переработку живыми организмами, определяют нижнюю границу былых биосфер, которая тем не менее не опускается на материках ниже самых больших глубин океана.

Внутреннее строение нашей планеты в виде нескольких геосфер (от греч. *гео* – земля, *сphaira* – шар) или оболочек изучено относительно мало и преимущественно по данным сейсморазведки, исследующей процессы распространения в Земле искусственно вызванных упругих колебаний.

Эксперименты и соответствующие теоретические расчеты позволили создать следующую модель (рис. 11).

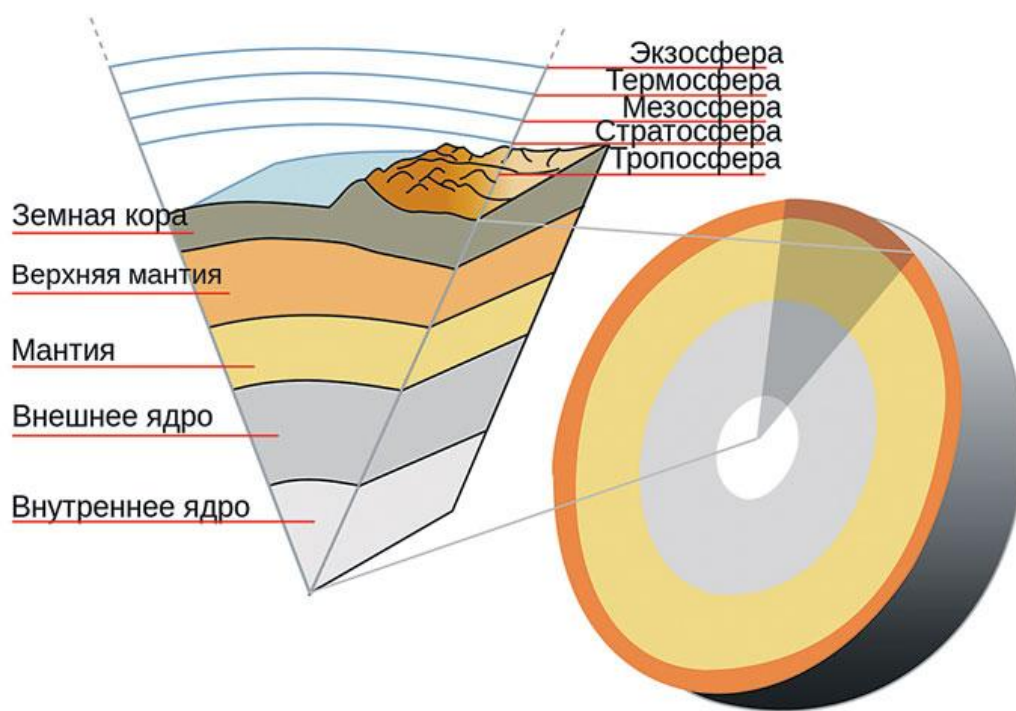


Рис. 11. Строение Земли

В центре Земли имеется внутреннее твердое субъядро радиусом 1250 км, состоящее из вещества плотностью 13 г/см³ (по одной из наиболее распространенных гипотез считают, что такую плотность может иметь только металл). Вокруг него находится жидкое внешнее ядро радиусом 3450 км, состоящее из расплавленного вещества. Регулярные течения этой высоко-

электропроводной жидкости, по одной из гипотез, являются причиной существования магнитного поля Земли. Внешнее жидкое и внутреннее твердое ядра в сумме составляют 16 % земного шара (без атмосферы) по объему и 31,5% по массе. Далее *снаружи жидкого ядра следует мантия*, распространяющаяся с глубины 2900 км до глубины около 40 км относительно уровня моря на поверхности планеты. Под действием высоких температур и долговременных нагрузок породы мантии размягчены и вещество на глубинах 40...400 км может течь.

Снаружи мантии расположена действительно твердая, но очень тонкая (20...40 км) оболочка – кора Земли, составляющая около 1 % планеты по объему и 0,5 % по массе и имеющая наиболее сложное (неоднородное) строение.

Таблица 2

Характеристики оболочек Земли (Г.В. Войткевич, 1996)

Оболочка		Интервал глубин, км	Интервал плотности, г/см ³	Доля от объема Земли, %	Масса	
					10 ²⁵ г	%
Кора	(A)	0...33	2,7...3,0	1,55	5	0,8
Мантия	(B)	33...400	3,32...3,65	16,67	62	10,4
	(C)	400...1000	3,65...4,68	21,31	98	16,4
	(D)	1000...2900	4,68...5,69	44,28	245	41,0
Ядро	(E)	2900...5000	9,40...11,5			
	(F)	5000...5100	11,5...12,0	15,16	188	31,5
	(G)	5100...6310	12,0...12,3			

Атмосфера (от греч. *athmos* – пар, *sphaira* – шар) – газовая оболочка планеты. На Земле сформировалась в результате геологической эволюции и непрерывной деятельности организмов.

Состав современной атмосферы – результат динамического равновесия, поддерживаемого процессами жизнедеятельности организмов и различными геохимическими явлениями глобального масштаба.

Общая масса атмосферы Земли равна $5,3 \cdot 10^{15}$ т (по разным оценкам $5,15 \dots 5,9 \cdot 10^{15}$), причем 90 % сосредоточено в околосферном слое толщиной около 16 км.

Поскольку атмосфера является наружной оболочкой Земли, она «разграничивает» планету и космическое пространство, ослабляя ряд поступающих из космоса излучений и сглаживая резкие колебания температуры в биосфере. Кроме того, она является средой распространения микроорганизмов, семян, плодов, а также местообитанием многих насекомых, птиц и млекопитающих.

Атмосфера имеет следующее строение:

- тропосфера – 0...10 км над уровнем литосферы;
- стратосфера – 10...60 км;
- мезосфера (хемосфера) – 60...80 км;
- ионосфера (термосфера) – 80...800 км;
- магнитосфера (экзосфера) – от 800 км и выше (рис. 12).

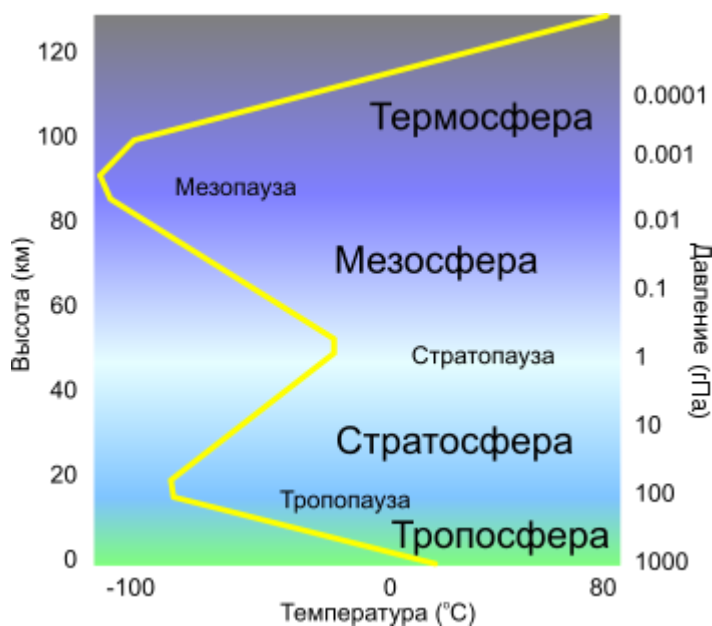


Рис. 12. Строение атмосферы

Высота слоя тропосферы изменяется от 7...10 км над полюсами до 16...18 км над экваториальными широтами. Тропосфера содержит практически весь водяной пар, при конденсации которого образуется облачность нижняя (до высоты 1...2 км), средняя (на высоте 2...4 км) и верхняя (6...10 км). Содержание водяных паров может колебаться от 0 по объему в сухом воздухе до почти 4 % в максимально влажном.

При нормальном состоянии тропосферы ей присуще снижение температуры воздуха с градиентом 6,5 °С на 1 км высоты, которое в значительной степени зависит от содержания паров воды и CO₂. Иногда (при температурной инверсии) на отдельных высотах температура либо перестает изменяться с высотой, либо увеличивается, что нарушает нормальную циркуляцию воздуха.

В состав атмосферы в основном входят: N₂ (78 %), O₂ (21 %), CO₂ (0,03 %) (табл. 3).

Таблица 3

Состав атмосферы (Н.Ф. Реймерс, 1990)

Элементы и газы	Содержание в нижних слоях атмосферы, %	
	по объему	по массе
Азот	78,084	75,5
Кислород	20,964	23,14
Аргон	0,934	1,28
Неон	0,0018	0,0012
Гелий	0,000524	0,00007
Криптон	0,000114	0,0003
Водород	0,00005	0,000005
Углекислый газ	0,034	0,0466
Водяной пар: в полярных широтах, у экватора	0,2; 2,6	-
Озон: в тропосфере, в стратосфере	0,000001; 0,001; 0,0001	-
Метан	0,00016	0,00009
Окись азота	0,000001	0,0000003
Окись углерода	0,000008	0,0000078

Исследования состава атмосферы за последние столетия показали хотя и медленное, но постоянное увеличение концентрации диоксида углерода и метана, относящихся к группе «парниковых газов».

Пик содержания озона приходится на высоты 20...30 км (иногда выделяют диапазон 15...50 км) над уровнем моря. Считают, что нижняя граница озоносферы лежит над полюсами на высоте 7...8 км, а над экватором – на высоте 17...18 км. У поверхности Земли, где озон образуется преимущественно во время грозных разрядов, его средняя концентрация почти в 10 раз ниже пиковой.

Общее количество озона в атмосфере оценивается всего в $3,3 \cdot 10^9$ т. Если бы удалось собрать весь озон атмосферы около поверхности Земли при нормальном давлении (760 мм рт. ст.) и температуре (20 °C), то получился бы слой (сферическая оболочка) толщиной всего 2,5...3 мм. Такова распространенная теоретическая модель, вызывающая, к сожалению, неверное представление о строении «защитного экрана» биосферы. Реально в атмосфере никакого «отдельного» слоя озона нет. Это лишь название достаточно широкой области, где концентрация озона максимальна.

Гидросфера (от греч. *hydro* – вода, *sphaira* – шар) – водная оболочка Земли.

Преобладающие элементы химического состава гидросферы: водород, кислород, натрий, магний, кальций, хлор, сера, углерод. Концентрация того или иного элемента в воде еще ничего не говорит о том, насколько он важен для растительных и животных организмов, обитающих в ней. В этом отношении ведущая роль принадлежит азоту, фосфору и калию, которые усваиваются живыми организмами.

Понятие «гидросфера» включает все свободные воды Земли, которые не связаны химически и физически с минералами земной коры, т.е. могут двигаться под действием гравитационной силы либо теплоты.

Гидросфера состоит из всех океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, болот, подземных вод, ледников, снежного покрова, а также содержит атмосферную и почвенную влагу, а также биологическую воду (например, в организме человека содержится около 70 % воды).

Если условно воду всей гидросферы равномерно распределить по поверхности планеты, то она покроет ее слоем толщиной около 3000 м. Если земной шар уподобить яйцу, то земная кора будет соответствовать скорлупе, а гидросфера – тончайшей, менее микрона толщиной, пленке на ее поверхности.

В стабилизации условий на поверхности Земли особенно велика роль Мирового океана, что обусловлено его массой и занимаемой площадью.

Гидросфера отличается динамичностью, движущей силой которой служит круговорот воды. Круговорот воды между сушей и океаном через атмосферу оказывается весьма сложной системой, включающей частные круговороты и разветвленный каскад фильтров, в том числе биосферный, пройдя через который полностью или частично вода, в конце концов, снова оказывается в основном поверхностном хранилище воды – Мировом океане. Круговорот воды – исключительно важное явление, ибо обеспечивает сушу пресной водой, которая все время возобновляется.

Таблица 4

Распределение вод на Земле (В.И. Коробкин, Л.В. Передельский, 2000)

Части гидросферы	Площадь распространения, тыс. км ²	Объем воды, тыс. км ³	Доля от общих мировых запасов воды, %
Мировой океан	361300	1138500	96,53
Ледники и снега (полярные и горные области)	16227	24064	1,74
Подземные воды	134800	23400	1,69
Подземные льды в зоне вечной мерзлоты	21 000	300	0,023
Озера	2058	176	0,014
Почвенная влага	82000	16,5	0,001
Пары атмосферы	510000	12,9	0,001
Болота	2682	11,4	0,0007
Речные воды	148800	2,1	0,0002

Литосфера (от греч. *lithos* – камень, *sphaire* – шар) – внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. Она включает в себя земную кору и часть верхней мантии Земли (рис. 13).

На глубине около 100 км под материками и 50 км под океанами ниже подошвы земной коры находится *астеносфера* (от греч. *asthenes* – слабый, *sphaire* – шар).

Выше астеносферы породы мантии находятся в твердом состоянии и совместно с земной корой образуют литосферу. Таким образом, считается, что мощность литосферы составляет 50...200 км, в том числе земной коры – до 75 км на континентах и 10 км под дном океана.



Рис. 13. Строение литосферы

Верхняя часть земной коры, постоянно видоизменяемая под влиянием механического и химического воздействий погодно-климатических факторов, растений и животных, выделяется в отдельный слой, называемый корой выветривания.

В настоящее время установлено, что более чем на 80 % земная кора состоит из кислорода, кремния и алюминия.

Химические элементы земной коры образуют естественные соединения, состоящие из одного, но чаще всего из нескольких элементов. *Минералы* (от лат. *minera* – руда) – *однородные по составу, внутренней структуре и свойствам твердые химические соединения*. Иногда к минералам относят и жидкие природные вещества – жидкую ртуть, воду, нефть.

Известно более 3 тыс. минералов, большинство из которых являются кристаллами и обычно имеют форму многогранников.

В строении земной коры существенную роль играют всего несколько десятков минералов, называемых породообразующими. Наиболее распространены из них – полевые шпаты (55 %), иные силикаты (15 %), кварц (12 %), различные виды слюды (3 %), магнетит и гематит (3 %).

В земной коре минералы группируются в естественные ассоциации – горные породы.

На поверхности коры выветривания формируется почвенный покров – основа земельного фонда биосферы. Он представляет собой самостоятельную земную оболочку – педосферу.

Почва – особое органоминеральное естественно-историческое природное образование, сформировавшееся в результате длительного преобразования поверхностных слоев литосферы при совместном взаимообуславливающем воздействии гидросферы, атмосферы, живых и мертвых организмов в различных условиях климата и рельефа в гравитационном поле Земли.

Твердая часть почвы состоит из минеральных и органических веществ. Минеральный состав определяется составом почвообразующих пород, возрастом почвы, особенностями рельефа, климата и т.д. В состав минеральной части почвы входят Si, Al, Fe, K, N, Mg, Ca, P, S, некоторые микроэлементы Cu, Mo, I, B, R, Pb и др. Подавляющее большинство химических элементов в почве находится в окисленной форме: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , MgO , CaO . В почвах распространены также соли угольной, серной, фосфорной, хлористоводородной и других кислот. На основных породах почва более богата Al, Fe, щелочноземельными и щелочными металлами, а на породах кислого состава – Si. В засоленных почвах преобладают хлориды и сульфаты кальция, магния, натрия.

Органический состав формируется из соединений, содержащихся в большом количестве в растительных и животных остатках. Это белки, углеводы, органические кислоты, жиры, лигнин, дубильные вещества и др., в сумме составляющие 10...15 % от всей массы органического вещества в почве. Органическое вещество почвы образуется при разложении мертвых организмов, их частей (например, опавших листьев), фекалий и т.п. Мертвый органический материал используется в пищу совместно детритофагами и редуцентами (грибами и бактериями), завершающими процесс разложения. *Не полностью разложившиеся остатки органики называют подстилкой, а конечный продукт разложения, в котором невозможно различить первоначальный материал, – гумусом.*

Гумус – аморфное органическое вещество почвы, образующееся в результате разложения растительных и животных остатков и продуктов жизнедеятельности организмов, причем утратившее тканевую структуру.

Иногда в качестве синонима «гумусу» указывается термин «перегной», однако это не точно. Перегной в понимании «грубый гумус» допускает наличие остатков организмов, не утративших тканевую структуру, а перегной в широком смысле даже не исключает наличие в нем живых организмов – низших (микроорганизмов) и высших (личинок насекомых и др.).

По химическому составу гумус – сложная смесь разнообразных органических молекул. Гумус состоит из гуминовых кислот, фульвокислот, гумина и ульмина; имеет цвет от темно-бурого до черного. По агрегатному состоянию гумус похож на глину; и то и другое находится в коллоидном состоянии. Отдельные его частицы прочно прилипают к глине, образуя глино-гумусовый комплекс. Гумуса в верхних горизонтах почвы содержится от десятых долей до 18 % (в черноземных почвах), а мощность гумусовых горизонтов от нескольких сантиметров до 1,5 м.

Плодородие – способность обеспечивать рост и развитие растений. Это важнейшее свойство почвы играет первостепенную роль в жизни человека, но ее уникальная ценность не ограничивается сферой сельскохозяйственного производства.

Почва является главным звеном всех наземных биоценозов и биосферы Земли в целом, а также одним из основных природных ресурсов.

Учение В.И. Вернадского

В.И. Вернадский сформулировал пять постулатов, относящихся к функции биосферы.

Первый постулат: «С самого начала биосферы жизнь, в нее входящая, должна была быть уже сложным телом, а не однородным веществом, поскольку связанные с жизнью ее биогеохимические функции по разнообразию и сложности не могут быть уделом какой-нибудь одной формы жизни». Дру-

гими словами, первобытная биосфера изначально отличалась богатым функциональным разнообразием.

Второй постулат: «Организмы проявляются не единично, а в массовом эффекте. Первое появление жизни должно было произойти не в виде появления одного какого-нибудь вида организмов, а их совокупности, отвечающей геохимической функции жизни. Должны были сразу появиться биоценозы».

Третий постулат: «В общем монолите жизни, как бы ни менялись его составные части, их химические функции не могли быть затронуты морфологическим изменением». То есть первичная биосфера была представлена «совокупностями» организмов типа биоценозов, которые и были главной «действующей силой» геохимических преобразований. Морфологические изменения «совокупностей» не отражались на «химических функциях» этих компонентов.

Четвертый постулат: «Живые организмы своим дыханием, своим питанием, своим метаболизмом, непрерывной сменой поколений порождают одно из грандиознейших планетных явлений – миграцию химических элементов в биосфере», поэтому «на всем протяжении протекших миллионов лет мы видим образование тех же минералов, во все времена шли те же циклы химических элементов, какие мы видим и сейчас».

Пятый постулат: «Все без исключения функции живого вещества в биосфере могут быть исполнены простейшими одноклеточными организмами».

Центральным в этой концепции является понятие о живом веществе, которое В.И. Вернадский определяет как совокупность живых организмов. Кроме растений и животных, В.И. Вернадский включает сюда и человечество, влияние которого на геохимические процессы отличается от воздействия остальных живых существ, во-первых, своей интенсивностью, увеличивающейся с ходом геологического времени; во-вторых, специфичностью воздействия деятельности людей на остальное живое вещество.

Поэтому В. И. Вернадский рассматривает геохимическую работу живого вещества в неразрывной связи животного, растительного царства и культурного человечества как работу единого целого.

Поскольку живое вещество является определяющим компонентом биосферы, постольку можно утверждать, что оно может существовать и развиваться только в рамках целостной системы биосферы. Не случайно В.И. Вернадский считает, что живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, ее определяющей.

В составе биосферы различают:

- ◆ живое вещество, образованное совокупностью организмов;
- ◆ биогенное вещество, которое создается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, известняки и др.);
- ◆ косное вещество, образующееся без участия живых организмов (основные породы, лава вулканов, метеориты);
- ◆ биокосное вещество, представляющее собой совместный результат жизнедеятельности организмов и абиогенных процессов (почвы).

Огромной заслугой В.И. Вернадского является обоснование нового содержания представлений о живом веществе. Живым веществом Вернадский называл «совокупность организмов, сведенных к их весу, химическому составу и энергии». Живое вещество по своей массе представляет собой ничтожную часть биосферы. Если все живое вещество Земли равномерно распределить по ее поверхности, то оно покроет нашу планету слоем толщиной 2 см. Однако именно живое вещество, по мнению В.И. Вернадского, выполняет ведущие функции в формировании земной коры.

Живое вещество обладает рядом специфических свойств.

1. Живое вещество характеризуется огромной свободной энергией.
2. В живом веществе химические реакции протекают в тысячи (иногда и в миллионы) раз быстрее, чем в неживом веществе. Поэтому для характе-

ристики изменений в живом веществе пользуются понятием *исторического*, а в косном веществе – *геологического* времени.

3. Химические соединения, входящие в состав живого вещества (ферменты, белки и др.), устойчивы только в живых организмах.

4. Живому веществу присуще произвольное движение – пассивное, обусловленное ростом и размножением, и активное – в виде направленного перемещения организмов. Первое является свойством всех живых организмов, второе характерно для животных и в редких случаях – для растений.

5. Для живого вещества характерно гораздо большее химическое и морфологическое разнообразие, чем для неживого.

6. Живое вещество в биосфере Земли находится в виде дисперсных тел – индивидуальных организмов. Размеры и масса живых организмов сильно колеблются (диапазон более 10^9).

7. Живое вещество возникает только из живого и существует на Земле в форме непрерывного чередования поколений.

В.И. Вернадский выделил две формы концентрации живого вещества: *жизненные пленки*, занимающие огромные площади, и *сгущения жизни*, представленные небольшими площадями (например, пруд). Вся остальная часть биосферы является *зоной разряжения живого вещества*.

Живое вещество – краеугольный камень учения о биосфере В.И. Вернадского, который акцентировал внимание на биогеохимической специфике этого образования следующим образом: «На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Деятельность живого вещества в биосфере в определенной степени условно можно свести к нескольким основополагающим функциям, дополняющим представление о его преобразующей биосферно-геологической деятельности.

В.И. Вернадский выделял девять функций: газовую, кислородную, окислительную, кальциевую, восстановительную, концентрационную и др.

Позже классификация была несколько видоизменена (часть функций объединена, часть переименована). Наиболее современной является классификация А.В. Лапо, по которой выделяют следующие *основные геохимические функции живого вещества*.

1. *Энергетическая (биохимическая)* – связывание и запасание солнечной энергии в органическом веществе и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества. Эта функция связана с питанием, дыханием, размножением и другими процессами жизнедеятельности организмов. Основным источником биогеохимической активности организмов – солнечная энергия, используемая в процессе фотосинтеза зелеными растениями и некоторыми микроорганизмами для создания органического вещества, обеспечивающего пищей и энергией все остальные организмы.

2. *Газовая* – способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

3. *Концентрационная* – «захват» из окружающей среды живыми организмами и накопление в них (в большей степени, чем в окружающей среде) атомов биогенных химических элементов. Разные организмы в разной степени способны аккумулировать из среды обитания различные элементы, например, железобактерии накапливают железо; простейшие фораминиферы, а также многие моллюски и кишечнорастворимые – кальций; хвощи, диатомовые водоросли, радиолярии и др. – кремний; губки – йод; асцидии – ванадий, и т.д. Концентрационная способность живого вещества повышает содержание атомов химических элементов в организмах по сравнению с окружающей средой на несколько порядков. Содержание углерода в растениях в 200 раз, а азота в 30 раз превышает их уровень в земной коре. Содержание марганца в некоторых бактериях может быть в миллионы раз больше, чем в окружающей среде. Результат концентрационной деятельности живого вещества – образование залежей горючих ископаемых, известняков, рудных месторождений и т.п.

4. *Окислительно-восстановительная* – окисление и восстановление различных веществ с помощью живых организмов. Под влиянием живых организ-

мов происходит интенсивная миграция атомов элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, Cu, S, P, N, W), создаются их новые соединения, происходит отложение сульфидов и минеральной серы, образование сероводорода и т.п.

5. *Деструктивная* – разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе и после их смерти, как остатков органического вещества, так и косных веществ.

6. *Транспортная* – перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов.

7. *Средообразующая* – преобразование физико-химических параметров среды. Эта функция является в значительной мере интегральной – представляет собой результат совместного действия других функций.

8. *Рассеивающая* – функция, противоположная концентрационной, – рассеивание веществ в окружающей среде. Она проявляется через трофическую и транспортную деятельность организмов.

9. *Информационная* – накопление живыми организмами определенной информации, закрепление ее в наследственных структурах и передача последующим поколениям.

10. *Биогеохимическая деятельность человека* – превращение и перемещение веществ биосферы в результате человеческой деятельности для хозяйственных и бытовых нужд человека.

При всем разнообразии живое вещество физико-химически едино, имеет одни и те же эволюционные корни. В природе нет такого вида, который бы реагировал на некое химическое или физическое воздействие качественно иначе, чем организмы других видов.

Существует лишь количественная разница, например, в чувствительности организмов к излучению.

Закон физико-химического единства живого вещества имеет важное практическое значение для человека. Из него следует:

- нет такого физического или химического агента (абиотического фактора), который был бы губелен для одних организмов и абсолютно безвреден для других.

Разница лишь количественная – одни организмы более чувствительны, другие менее, одни в ходе отбора быстрее приспосабливаются, а другие медленнее (приспособление идет в ходе естественного отбора, т.е. за счет тех, что не смогли адаптироваться к новым условиям);

- количество живого вещества биосферы в пределах рассматриваемого геологического периода есть константа – таков закон константности количества живого вещества В.И. Вернадского.

И действительно, согласно закону биогенной миграции атомов, живое вещество является посредником между Солнцем и Землей. Если бы количество живого вещества колебалось, то энергетическое состояние планеты было бы непостоянно. Такое за время эволюции жизни на Земле случалось, но очень редко;

- общее видовое разнообразие в биосфере есть константа – число нарождающихся видов в среднем равно числу вымирающих.

Процесс вымирания видов был неизбежен из-за изменения условий жизни на планете. Причем вид никогда не исчезает в одиночку, он «тянет за собой» еще порядка 10 других видов, уходящих вместе с ним. На их место, согласно правилам экологического дублирования, приходят другие виды, особенно в управляющем звене экосистем – среди консументов. Поэтому во все геологические периоды массового вымирания организмов наблюдалось и бурное видообразование.

Живое вещество по массе составляет 0,01...0,02 % от косного вещества биосферы, однако играет ведущую роль в биогеохимических процессах.

Главная функция биосферы заключается в обеспечении круговоротов химических элементов. Глобальный биотический круговорот осуществляется при участии всех населяющих планету организмов. Он заключается в циркуляции веществ между почвой, атмосферой, гидросферой и живыми организ-

мами. Благодаря биотическому круговороту возможно длительное существование и развитие жизни при ограниченном запасе доступных химических элементов. Используя неорганические вещества, зеленые растения за счет энергии Солнца создают органическое вещество, которое другими живыми существами (гетеротрофами – потребителями и деструкторами) разрушается, чтобы продукты этого разрушения могли быть использованы растениями для новых органических синтезов.

Биосфера представляет собой сложную экологическую систему, работающую в стационарном режиме. *Стабильность биосферы* обусловлена тем, что результаты активности трех групп организмов, выполняющих разные функции в биотическом круговороте, – продуцентов (автотрофы), потребителей (гетеротрофы) и деструкторов (минерализующие органические остатки) – взаимоуравновешиваются. То, что в биосфере поддерживается постоянство ее главных характеристик (гомеостаз), не исключает способности ее к эволюции.

Раздел 2.2. Биосфера и человек. Ноосфера

Рассматриваемые вопросы: ноосфера, качество природной среды и проблемы народонаселения; основные понятия, встречающиеся при оценке качества природной среды; экологическое нормирование.

Центральной идеей, проходящей через все творчество Вернадского, является единство биосферы и человечества. Вернадский в своих работах по естествознанию раскрывает корни этого единства, значение организованности биосферы в развитии человечества. Широкий круг вопросов, затрагиваемых Вернадским в своих работах. Но везде он пытался найти то главное, что, по его мнению, имеет отношение к устройству окружающего пространства в глобальном масштабе. Из всего частного он пытался выделить то общее, что проясняло бы картину мира, в центре которого находится человеческий разум. Это позволяет понять место и роль исторического развития человечества

в эволюции биосферы, закономерности ее перехода в ноосферу (от греческого «ноос» – разум). *Под ноосферой понимают сферу взаимодействия природы и общества.*

Ноосфера – новое эмоциональное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития. Для ноосферы характерно взаимодействие человека и природы: связь законов природы с законами мышления и социально-экономическими законами.

Одной из ключевых идей, лежащих в основе теории Вернадского о ноосфере, является то, что человек не является самостоятельным живым существом, живущим отдельно по своим законам, он сосуществует внутри природы и является частью ее. Это единство обусловлено, прежде всего, функциональной неразрывностью окружающей среды и человека, которую пытался показать Вернадский как биогеохимик. Человечество само по себе есть природное явление и естественно, что влияние биосферы сказывается не только на среде жизни, но и на образе мысли.

Но не только природа оказывает влияние на человека, существует и обратная связь. Причем она не поверхностная, отражающая физическое влияние человека на окружающую среду, она гораздо глубже. Это доказывает тот факт, что в последнее время заметно активизировались планетарные геологические силы. «Мы все больше и ярче видим в действии окружающие нас геологические силы. Это совпало, едва ли случайно, с проникновением в научное сознание убеждения о геологическом значении *Homo sapiens*, с выявлением нового состояния биосферы – ноосферы – и является одной из форм ее выражения. Оно связано, конечно, прежде всего, с уточнением естественной научной работы и мысли в пределах биосферы, где живое вещество играет основную роль».

В «Философских мыслях натуралиста» Вернадский писал: «Мы как раз переживаем ее яркое вхождение в геологическую историю планеты. В последние тысячелетия наблюдается интенсивный рост влияния одного видового

го живого вещества – цивилизованного человечества – на изменение биосферы. Под влиянием научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние – в ноосферу».

При этом человек впервые реально понял, что он житель планеты и может и должен мыслить и действовать в новом аспекте, не только в аспекте отдельной личности, семьи или рода, государств или их союзов, но и в планетном аспекте. Он, как и все живое, может мыслить и действовать в планетном аспекте только в области жизни – в биосфере, в определенной земной оболочке, с которой он неразрывно, закономерно связан, и уйти из которой он не может. Его существование есть ее функция.

Похоже, что впервые мы находимся в условиях единого геологического исторического процесса, охватившего одновременно всю планету.

Результат всех вышеперечисленных изменений в биосфере планеты дал повод французскому геологу Тейяр де Шардену заключить, что биосфера в настоящий момент быстро геологически переходит в новое состояние – в ноосферу, то есть такое состояние, в котором человеческий разум и направляемая им работа представляют собой новую мощную геологическую силу.

Многое из того, о чем писал Вернадский, становится достоянием сегодняшнего дня. Современны и понятны нам его мысли о целостности, неделимости цивилизации, о единстве биосферы и человечества. Переломный момент в истории человечества, о чем сегодня говорят ученые, политики, публицисты, был увиден Вернадским.

Вернадский видел неизбежность ноосферы, подготавливаемой как эволюцией биосферы, так и историческим развитием человечества.

С точки зрения ноосферного подхода по-иному видятся и современные болевые точки развития мировой цивилизации. Варварское отношение к биосфере, угроза мировой экологической катастрофы, производство средств массового уничтожения – все это должно иметь преходящее значение. Вопрос о коренном повороте к истокам жизни, к организованности биосферы в

современных условиях должен звучать как набат, призыв к тому, чтобы мыслить и действовать, в биосферном – планетном аспекте.

Итак, что же ноосфера: утопия или реальная стратегия выживания? Труды В.И. Вернадского позволяют более обоснованно ответить на поставленный вопрос, поскольку в них указан ряд конкретных условий, необходимых для становления и существования ноосферы. Перечислим эти условия, разбросанные по страницам книги «Научная мысль как планетное явление» и отчасти в других публикациях В.И. Вернадского.

- Заселение человеком всей планеты.
- Резкое преобразование средств связи и обмена между странами.
- Усиление связей, в том числе политических, между всеми странами земли.
- Начало преобладания геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере.
- Расширение границ биосферы и выход в космос.
- Открытие новых источников энергии.
- Равенство людей всех рас и религий.
- Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики.
- Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских, политических настроений и создание в государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли.
- Продуманная система народного образования и подъем благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания и голода, нищеты и ослабить болезни.
- Разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать ее способной удовлетворять все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения.
- Исключение войн из жизни общества.

В современном мире, часть этих условий выполнена (1...6), некоторые выполнены не полностью (7...12).

Таким образом, мы видим, что налицо все те конкретные признаки, все или почти все условия, на которые указывал В.И. Вернадский для того, чтобы отличить ноосферу от существовавших ранее состояний биосферы. Процесс ее образования постепенный, и, вероятно, никогда нельзя будет точно указать год или даже десятилетие, с которого переход биосферы в ноосферу можно будет считать завершенным. Но, конечно, мнения по этому вопросу могут быть разные.

Сам В.И. Вернадский, замечая нежелательные, разрушительные последствия хозяйствования человека на Земле, считал их некоторыми издержками. Он верил в человеческий разум, гуманизм научной деятельности, торжество добра и красоты.

Что-то он гениально предвидел, в чем-то, возможно, ошибался. Ноосферу следует принимать как символ веры, как идеал разумного человеческого вмешательства в биосферные процессы под влиянием научных достижений. Надо в нее верить, надеяться на ее пришествие, предпринимать соответствующие меры.

Идеи В.И. Вернадского нашли отражение в современной *концепции устойчивого развития*. Человеческая цивилизация достигла критического уровня, после которого одинаково возможны и качественно новая степень развития, и катастрофа. Устойчивое развитие предполагает как установление баланса между потреблением и воспроизводством природных ресурсов, так и обеспечение устойчивого роста благосостояния, социальной защищенности и возможности гармоничного развития личности. Устойчивое развитие – это поступательное движение темпов экономического роста, при котором давление на окружающую среду компенсируется восстановлением ее свойств. Ноосферные преобразования требуют от человечества способности к рациональному мышлению, научному предвидению, единства экологии, экономики и политики.

В 60-х годах XX века впервые ученые с тревогой заговорили об экологическом кризисе. Первыми почувствовали на себе его последствия экономически развитые капиталистические государства, природная среда которых не могла уже самоочищаться от промышленных и бытовых загрязнений. Это явилось следствием стихийного природопользования, свойственного частно-капиталистическим отношениям, когда предприниматели, преследуя высокие прибыли, пренебрегают строительством природоохранных сооружений и идут на то, чтобы выбрасывать в гидросферу и атмосферу ядовитые вещества. Все возрастающие объемы промышленного производства требовали все больших расходов природного сырья.

Футурологи провозгласили в качестве спасательной меры лозунг «назад к природе», призывая прекратить дальнейшее развитие производства, ограничить, таким образом, потребление. Иначе, утверждали они, человечество через 50...100 лет погибнет, исчерпав природные ресурсы планеты и отравив себя отходами производства. Появились пессимистические прогнозы, посвященные медицинским проблемам будущего. Возникло понятие «болезни цивилизации». Это такие заболевания, как рак, ишемическая болезнь, нервно-психические расстройства. Их «омоложение» пытались возложить на воздействие техносферы.

Действительно, экологическая проблема, возникшая перед человечеством, имеет огромное значение. Период стихийного развития технической мощи человечества, в результате которого биосфера изменяется качественно, должен смениться новым уровнем, скачком, обуславливающим превращение биогенной эволюции органического мира в ноогенную, переход от стихийного использования природы к сознательному регулированию взаимоотношений между природой и обществом, основанному на социальных предпосылках бесклассового общества. Этап техносферы, в продолжение которой неизбежно наносится определенный ущерб природным ресурсам, обогащает общество информацией о природных процессах и путях их рационального использования. Превращение биосферы в ноосферу – сферу разума сопровож-

даются на уровне техносферы отрицательными воздействиями на природу субъективного характера. Антропогенные воздействия имеют в основе не биологические, а социальные причины. «Осуществляемое человечеством перераспределение энергии и вещества (из биосферы в общество) вначале сопровождается значительными потерями и обедняет природу», – писал Г.Ф. Хильми.

Только в результате социальных преобразований биосфера может быть преобразована в ноосферу – среду разума и труда, гармоничное единство общества и природы.

4.3. Модуль 3 «Прикладная экология»

Раздел 3.1. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу.

Загрязнение атмосферы

Рассматриваемые вопросы: основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Загрязнение атмосферы: парниковый эффект; кислотные дожди; разрушение озонового слоя; основные направления охраны атмосферы.

Загрязнение среды – сложный, многообразный процесс.

При изучении или описании современных процессов в экосистемах и в биосфере в целом принято выделять загрязнение:

- *химическое* (или ингредиентное), заключающееся в изменении химического состава среды (отклонении от нормального уровня концентрации характерных ингредиентов и от появления новых);
- *физическое* (или параметрическое), связанное с отклонением от нормы физических параметров окружающей среды;
- *биологическое*, включающее *микробиологическое* (бактериями и вирусами-возбудителями болезней, носящих характер эпидемий) и *макробиологи-*

ческое (животными и растениями, случайно либо ошибочно интродуцированными в новые экосистемы).

В наши дни наиболее масштабным и значительным загрязнением окружающей природной среды считается химическое загрязнение, в большинстве случаев рассматриваемое отдельно для атмосферы, гидросферы и литосферы.

При физическом же загрязнении выделить особенности его воздействия на отдельные компоненты биосферы труднее, поэтому его принято подразделять на виды: шумовое, электромагнитное, ионизирующее и т.п.

По масштабам воздействия различают загрязнение биосферы:

- *локальное* – характерно для городов, крупных промышленных и транспортных предприятий, районов добычи полезных ископаемых, крупных животноводческих комплексов и т.п.;
- *региональное* – охватывает значительные территории и акватории как результат влияния крупных промышленных районов;
- *глобальное* – распространяется на большие расстояния от места возникновения и оказывает неблагоприятное воздействие на крупные регионы, вплоть до общепланетарного влияния (чаще всего связано с выбросами в атмосферу).

Загрязнение, возникающее в результате хозяйственной деятельности людей, в том числе их прямое или косвенное влияние на состав и интенсивность природного (естественного) загрязнения называют антропогенным.

В настоящее время основным загрязнителем окружающей природной среды стал человек. При этом изготовление (производство) абсолютного большинства видов промышленной продукции интересует человеческое общество лишь в той мере, в какой она (продукция) удовлетворяет его потребности. Иначе говоря, целью всего, что делается человеком, является удовлетворение его потребностей в продуктах питания, одежде, благоустроенном жилье, медицинской помощи, лекарствах, транспортных услугах, информации, в культурно-эстетической сфере и т.п.

Удовлетворение потребности общества в предмете, услуге, информации всегда связано с обменом между природной и техногенной средой веществом, энергией, информацией, в процессе которого они образуют сложные геотехнические комплексы и системы. При этом каждое предприятие (горнодобывающее, промышленное, транспортное, энергетическое, сельскохозяйственное, коммунальное и т.д.) вовлекает в свою производственную сферу сырье и природные ресурсы, а возвращает в окружающую природную среду лишь отходы производственных процессов.

Всякая хозяйственная деятельность приводит к образованию отходов, которые рассеиваются в окружающей природной среде, меняя диапазон естественных колебаний экологических (в первую очередь абиотических) факторов.

Различают прямое и косвенное, преднамеренное и непреднамеренное воздействия на природу.

Прямым антропогенным воздействием называют непосредственное влияние деятельности человека на природные экосистемы. Прямое воздействие – это любой вид непосредственного вторжения человека в биогеоценозы: строительство поселений, дорог, использование земель в сельскохозяйственном производстве, ведение лесозаготовок, охотничьего или рыболовецкого промысла, добыча полезных ископаемых, промышленное производство и др.

Все это ведет к перерождению биогеоценозов и сужению разнообразия биологических видов, а также к накоплению загрязнений в природной среде.

Последствия подобной деятельности не ограничиваются только прямым преднамеренным воздействием на природу.

Учитывать следует также косвенные и отдаленные последствия хозяйствования.

Характерные примеры цепной реакции непреднамеренных воздействий первичной преднамеренной хозяйственной акции – это последствия использования пестицидов в сельском хозяйстве.

К концу второго тысячелетия в биосфере наряду с биогеохимическим круговоротом веществ *сформировался антропогенный круговорот веществ, или ресурсный цикл.*

Ресурсный цикл – обмен веществ между природой и обществом, включающий извлечение естественных ресурсов из природной среды, вовлечение их в хозяйственный оборот с последующей утилизацией, а также возвращение трансформированной природной субстанции в окружающую среду.

Аналогом ресурсного цикла является жизненный цикл продукции – новое понятие, введенное международными стандартами ИСО серии 14000.

Схема ресурсного цикла включает основные этапы цепи «сырье – производство – эксплуатация (потребление) – утилизация (вторичные ресурсы) – отходы».

Ресурсный цикл подобен пищевой (трофической) цепи в природных экосистемах и так же, как они, достаточно условен. Места добычи, производства, потребления и утилизации в этом цикле в большинстве случаев не совпадают, тогда как в природных экосистемах существуют не цепи, а разветвленные трофические сети. Благодаря этому обеспечивается наиболее эффективное использование всех ресурсов среды, в том числе происходит переработка отходов тут же на месте.

В природе цепи трансформации всех веществ максимально замыкаются в циклы (круговороты) и понятия «загрязнение» не существует. Реализация ресурсного цикла в пределах одного предприятия невозможна даже теоретически. В полной мере это недостижимо и в рамках одного промышленного узла. Максимально возможное совершенствование ресурсного цикла (хотя очень далекое от уровня совершенства трофической сети) достигается при создании территориально-производственных комплексов (ТПК). В этом случае в производство вовлекается наибольшая часть комплексного потенциала сырья, включая вскрышные породы, образующиеся при добыче ископаемых, побочные продукты и отходы производства.

Основными направлениями совершенствования ресурсного цикла при некотором фиксированном уровне потребления общества являются:

- уменьшение потерь на этапах добычи и транспортировки ресурсов;
- разработка технологий, позволяющих использовать для производства (потребностей человека) максимально возможное количество компонентов извлекаемого сырья;
- уменьшение материалоемкости продукции, энергоемкости производства и эксплуатации продукции;
- увеличение срока службы изделий.

Человек, как и любой другой организм, с момента возникновения на Земле влиял на биосферу. *Выделяют следующие основные этапы воздействия человека на окружающую среду:*

- влияние на биосферу как биологического вида;
- сверхинтенсивная охота без изменения экологических систем в целом (в период становления человечества);
- изменение экосистем через естественно идущие процессы: пастбу, усиление роста трав путем их выжигания и т.п.;
- усиление влияния путем распашки земель и вырубки лесов;
- глобальное изменение структурных компонентов наиболее крупных экосистем, биомов и биосферы в целом.

Воздействие на биосферу современного человека происходит по следующим основным направлениям:

- изменение структуры земной поверхности (распашка земель, горнодобыча, вырубка лесов, осушение болот, создание искусственных водоемов и водотоков и т.п.);
- изменение химического состава природной среды, круговорота и баланса веществ (изъятие и переработка полезных ископаемых, размещение отходов производства в отвалах, на полигонах, в атмосферном воздухе, водных объектах);

- изменение энергетического (в частности, теплового) баланса в пределах как отдельных регионов земного шара, так и на планетарном уровне;
- изменения в составе биоты (совокупности живых организмов) в результате истребления одних видов животных и растений, создания других видов (пород), перемещения их на новые места обитания (интродукция).

Загрязнение атмосферы

Одной из основных экологических проблем является загрязнение атмосферного воздуха.

Воздух – один из основных природных ресурсов. Атмосфера является определяющим условием жизни на планете. Известно, что человек может прожить без пищи – 5 мес, без воды – 5 сут, а без воздуха – меньше 5 мин.

Качество атмосферы определяет жизнь и здоровье людей, существование растительного и животного мира. Больше всего подвержен загрязнению воздушный бассейн.

Одной из важнейших экологических проблем в большинстве стран является загрязнение воздуха. Город с населением 1 млн человек выбрасывает ежегодно в атмосферу 10 млн т водяного пара, 2 млн т газов (SO_2 , CO_2 , NO_2 и т.д.); примерно 20 тыс. т пыли и 150 т тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd и т.д.).

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 90-е годы в 27-ми из 54-х обследованных стран концентрация SO_2 превысила стандартные нормы (40...60 мкг/дм³). Список городов с повышенным загрязнением воздуха открывает Милан, далее Тегеран, Сеул, Рио-де-Жанейро, Париж, Пекин, Мадрид.

Основным показателем, характеризующим состояние атмосферы, является концентрация вредных веществ и ее соотношение с ПДК или нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ).

ПДВ определяются на основе ПДК с учетом рассеивания выбросов и наложения их на фоновое загрязнение.

Очень часто выбросы предприятия больше ПДВ и оно их не может сократить ни при каких условиях (Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, который работает до сих пор – диоксиновый источник).

Для таких предприятий установлены нормативы временно согласованных выбросов (ВСВ), рассчитываемых на долгосрочную программу снижения выбросов.

В настоящее время в крупных промышленных городах концентрация различных примесей в атмосфере превышает ПДК.

Систематические наблюдения за содержанием диоксида углерода в атмосфере показывают его рост. Известно, что CO_2 в атмосфере, подобно стеклу в оранжерее, пропускает лучистую энергию Солнца к поверхности Земли, оно задерживает инфракрасное (тепловое) излучение Земли и тем самым создает так называемый *тепличный (парниковый) эффект*.

Глобальные изменения климата тесно связаны с загрязнением атмосферы промышленными отходами и выхлопными газами. Влияние человеческой цивилизации на климат Земли – реальность, последствия которой ощущаются уже сейчас. Ученые считают, что сильная жара в 1988 г. и засуха в США в какой-то мере следствия так называемого эффекта глобального потепления атмосферы земли в результате повышения содержания в ней углекислого газа из-за вырубки лесов, поглощающих его, и сжигание такого топлива, как уголь и бензин, при котором происходит выброс этого газа в атмосферу.

Углекислый газ и другие загрязнители действуют подобно пленке или стеклу в парниках: они пропускают солнечное тепло к Земле и удерживают его здесь. В целом температура на земле в первые 5 мес. 1988 г. была выше, чем в любой аналогичный период за те 130 лет, как ведутся измерения. Можно утверждать, что причиной изменения температуры стало давно ожидавшееся глобальное потепление, связанное с загрязнением окружающей среды.

Тенденция к потеплению является не естественным явлением, а следствием парникового эффекта.

Главным по значению «парниковым» газом является водяной пар. За ним следуют углекислый газ, обеспечивающий 49 % дополнительного по сравнению с началом прошлого века увеличения парникового эффекта, метан (18 %), фреоны (14 %), закись азота N_2O (6 %). На остальные газы приходится 13 %.

Изменение ученые связывают с изменениями содержания в атмосфере климата «парниковых» газов. Известно, как менялся химический состав атмосферы 160 тыс. лет. Эти сведения получены на основе анализа состава пузырьков воздуха в ледниковых кернах, извлеченных с глубины до 2 км на станции «Восток» в Антарктиде и в Гренландии. Найдено, что в теплые периоды концентрации CO_2 и CH_4 были примерно в 1,5 раза выше, чем в холодные ледниковые. Эти результаты подтверждают высказанное в 1861 г. Дж. Тиндалем предположение о том, что историю изменения климата Земли можно объяснить изменениями концентрации CO_2 в атмосфере.

Из антропогенных источников поступления CO_2 в атмосферу основной вклад дают предприятия энергетики, работающие на ископаемом топливе, транспортные средства и собственно население. Например, воздушный лайнер за 7 ч полета сжигает около 35 т O_2 , легковой автомобиль сжигает 1 т O_2 каждые 1,5 тыс. км пробега. Примерно такое же количество CO_2 выбрасывается в атмосферу.

Предсказывают, что увеличение содержания CO_2 в атмосфере на 60 % от современного уровня может вызвать повышение температуры земной поверхности на 1,2...2,0 °С. Существование же обратной связи между величиной снежного покрова, альбедо и температурой поверхности должно привести к тому, что изменения температуры могут быть еще большими и вызвать коренное изменение климата на планете с непредсказуемыми последствиями.

Если сегодняшний уровень потребления ископаемых топлив сохранится до 2050 г., то концентрация CO_2 в атмосфере возрастет вдвое. В отсутствии других факторов это приведет к повышению температуры поверхности Земли на 3 °С.

К сожалению, растет содержание в атмосфере не только CO_2 но и других «парниковых» газов, в частности N_2O , SO_2 , NH_3 , O_2 , а также CH_4 , фреонов и других органических веществ. Если темпы роста концентрации «парниковых» газов сохранятся на теперешнем уровне, то к 2020 г. загрязнение атмосферы будет соответствовать эквивалентному удвоению содержания CO_2 . Удвоение концентрации метана приведет к повышению температуры земной поверхности на 0,2...0,3 °С. Увеличение концентрации фреонов в тропосфере в 20 раз приведет к возрастанию температуры поверхности на 0,4...0,5 °С. Увеличение температуры на 1 °С произойдет при одновременном удвоении содержания CH_4 , NH_3 , и N_2O .

В то же время климатологи считают значительным изменением средней температуры даже на 0,1 °С, а увеличение температуры на 3,5 °С – критическим.

Парниковый эффект нарушит климат планеты, изменив такие критически важные переменные величины, как осадки, ветер, слой облаков, океанические течения и размеры полярных ледниковых шапок.

Одна из наиболее широко обсуждаемых и вызывающих страх последствий парникового эффекта – это прогнозируемое повышение уровня моря в результате повышения температуры.

Кислотные дожди – следствие нарушения круговорота веществ между атмосферой, гидросферой и литосферой.

Облачная и дождевая вода в нормальных условиях должна иметь рН 5,6...5,7. Это зависит от растворения в ней атмосферного CO_2 с образованием слабой угольной кислоты. Но вот уже десятки лет над Северной Америкой и Европой выпадают дожди с содержанием в них кислот в десятки, сотни, тысячи раз большими. По содержанию кислоты современные дожди соответствуют сухому вину, а часто и столовому уксусу.

Кислота в дождях вызвана растворением оксидов серы и азота и образованием соответствующих кислот.

Сернистый газ образуется и выбрасывается в атмосферу при сжигании угля, нефти, мазута, а так же при добыче цветных металлов из сернистых руд. А оксиды азота образуются при соединении азота с кислородом воздуха при высоких температурах, главным образом в двигателях внутреннего сгорания и котельных установках. Получение энергии – основы цивилизации и прогресса, увы, сопровождается закислением окружающей среды.

Закисление дождей, а затем почв и природных вод вначале протекает как скрытый, незаметный процесс. Чистые, но уже подкисленные озера сохраняют свою обманчивую красоту. Лес выглядит таким же, как и раньше, но уже начались необратимые изменения. При кислотных дождях чаще всего страдают пихта, ель, сосна, потому что смена хвои происходит реже, чем смена листьев, и она накапливает больше вредных веществ за один и тот же период времени. У хвойных деревьев желтеет и опадает хвоя, изреживаются кроны, повреждаются тонкие корни. У лиственных пород изменяется окраска листьев, преждевременно опадает листва, гибнет часть кроны, повреждается кора. Не происходит естественное возобновление хвойных и лиственных лесов. Эти симптомы часто сопровождаются вторичными поражениями от насекомых и болезней деревьев. Поражение деревьев все в большей степени захватывает и молодые леса.

Воздействие сернистого газа и его производных на человека и животных проявляется, прежде всего, в поражении верхних дыхательных путей.

Так называемые «кислые» дожди вызывают повышение кислотности почв, что снижает эффективность применяемых минеральных удобрений на пахотных землях, приводит к выпадению наиболее ценной части видового состава на многолетних культурных сенокосах и пастбищах. Особенно подвержены влиянию кислых осадков дерново-подзолистые и торфяные почвы, широко распространенные в северной части Европы. Еще больший ущерб несут сельскохозяйственные культуры.

Кислота разрушает сооружения из мрамора и известняка. Эта судьба грозит Тадж-Махалу – шедевру индийской архитектуры периода Великих Монголов, в Лондоне – Тауэру и Вестминстерскому аббатству.

Озоновый слой расположен в верхних слоях атмосферы (стратосфере) и содержит большое количество озона (O_3). Он начинается на высотах около 8 км над полюсами и 17 км над экватором. Его назначение – поглощать коротковолновое ультрафиолетовое излучение.

В 1985 г. специалисты по исследованию атмосферы из Британской Антарктической Службы сообщили о совершенно неожиданном факте: весеннее содержание озона в атмосфере над станцией Халли-Бей в Антарктиде уменьшилось за период с 1977 по 1984 г. на 40 %. Вскоре этот вывод подтвердили другие исследователи, показавшие также, что область пониженного содержания озона простирается за пределы Антарктиды и по высоте охватывает слой от 12 до 24 км, т.е. значительную часть нижней части стратосферы.

Фактически это означало, что в полярной атмосфере имеется озонная «дыра». В начале 80-х по измерениям со спутника «Нимбус-7» аналогичная дыра была обнаружена и в Арктике, правда она охватывала значительно меньшую площадь, и падение уровня озона в ней было не так велико – около 9 %. В среднем на Земле с 1979 по 1990 г. содержание озона уменьшилось на 5 %. Это открытие обеспокоило как ученых, так и широкую общественность, поскольку из него следовало, что слой озона, окружающий нашу планету, находится в большей опасности, чем считалось ранее. Утончение этого слоя может привести к серьезным последствиям для человечества.

Впервые мысль об опасности разрушения озонного слоя была высказана еще в конце 60-х годов, тогда считалось, что основную опасность для атмосферного озона представляют выбросы водяного пара и оксидов азота (NO_x) из двигателей сверхзвуковых транспортных самолетов и ракет. Однако сверхзвуковая авиация развивалась значительно менее бурными темпами, чем предполагалось.

В 1974 г. М. Молина и Ф. Роулент из Калифорнийского университета в Ирвине показали, что хлорфторуглероды (ХФУ) могут вызывать разрушение озона. Начиная с этого времени, так называемая *хлорфторуглеродная проблема стала одной из основных в исследованиях по загрязнению атмосферы*. Хлорфторуглероды уже более 60 лет используются как хладагенты в холодильниках и кондиционерах, пропеленты для аэрозольных смесей, пенообразующие агенты в огнетушителях, очистители для электронных приборов, при химической чистке одежды, при производстве пенопластиков. Когда-то они рассматривались как идеальные для практического применения химические вещества, поскольку они очень стабильны и неактивны, а значит, не токсичны. Как это ни парадоксально, но именно инертность этих соединений делает их опасными для атмосферного озона. ХФУ не распадаются быстро в тропосфере (нижнем слое атмосферы, который простирается от поверхности земли до высоты 15 км), как это происходит, например, с большей частью оксидов азота, и в конце концов проникают в стратосферу, верхняя граница которой располагается на высоте около 50 км. Когда молекулы ХФУ поднимаются до высоты примерно 25 км, где концентрация озона максимальна, они подвергаются интенсивному воздействию ультрафиолетового излучения, которое не проникает на меньшие высоты из-за экранирующего действия озона.

Ультрафиолет разрушает устойчивые в обычных условиях молекулы ХФУ, которые распадаются на компоненты, обладающие высокой реакционной способностью, в частности атомарный хлор. Таким образом, ХФУ переносит хлор с поверхности Земли через тропосферу и нижние слои атмосферы, где менее инертные соединения хлора разрушаются, в стратосферу, к слою с наибольшей концентрацией озона. Очень важно, что хлор при разрушении озона действует подобно катализатору: в ходе химического процесса его количество не уменьшается. Вследствие этого один атом хлора может разрушить до 100000 молекул озона прежде, чем будет дезактивирован или вернется в тропосферу. Сейчас выброс ХФУ в атмосферу исчисляется миллионами тонн, но следует заметить, что даже в гипотетическом случае пол-

ного прекращения производства и использования ХФУ немедленного результата достичь не удастся: действие уже попавших в атмосферу ХФУ будет продолжаться несколько десятилетий. Считается, что время жизни в атмосфере для двух наиболее широко используемых ХФУ фреон-11 (CFCl_3) и фреон-12 (CF_2Cl_2) составляет 75 и 100 лет соответственно.

В сентябре 1987 г. 23 ведущие страны мира подписали в Монреале конвенцию, обязывающую их снизить потребление ХФУ. Согласно достигнутой договоренности развитые страны должны к 1999 г. снизить потребление ХФУ до половины уровня 1986 г. Для использования в качестве пропеллента в аэрозолях уже найден неплохой заменитель ХФУ – пропан-бутановая смесь. По физическим параметрам она практически не уступает фреонам, но, в отличие от них огнеопасна. Тем не менее, такие аэрозоли уже производятся во многих странах, в том числе и в России.

Все направления защиты воздушного бассейна объединяются в четыре группы:

1) *санитарно-технические мероприятия* – сооружения сверхвысоких дымовых труб; установка газопылеочистного оборудования; герметизация технологического и транспортного оборудования;

2) *технологические мероприятия* – создание малоотходных и безотходных технологий. Реальная экономика – это высокие технологии;

3) *планировочные мероприятия* – создание санитарно-защитных зон; оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом розы ветров; расположение промышленных предприятий за городской чертой; озеленение территории промышленных предприятий и городов;

4) *контрольно-запретительные мероприятия* – установление ПДК и ПДВ загрязнителей; запрещение производства отдельных токсичных веществ (ДДТ); автоматизированный контроль за выбросами.

Раздел 3.2. Загрязнение гидросферы и литосферы

Рассматриваемые вопросы: загрязнение гидросферы: ухудшение состояния водных ресурсов; очистка воды; охрана водных ресурсов в РФ; влияние на Мировой океан. Загрязнение литосферы.

Загрязнение гидросферы

Вода – «самый важный минерал на Земле, без которого нет жизни» (А. Е. Ферсман).

Нет ни одной сферы деятельности, где бы ни использовалась вода. В зависимости от способа использования воды выделяются:

- *водопользователи*, когда вода служит в качестве среды для транспорта, рыбного хозяйства, она остается в водоемах (качество часто ухудшается);
- *водопотребители* – те отрасли народного хозяйства, которые забирают воду из источников (промышленность, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство и т.д.), которые если и возвращают, то загрязненную воду.

Считают, что среднесуточный расход воды на человека составляет 200...300 дм³ (л), сверх этого – расточительность.

В последние годы особенно стало сказываться антропогенное воздействие на водные ресурсы. За каждые 10 лет потребление воды удваивается, увеличивается загрязненность и, как следствие, ухудшается ее качество. Происходит качественное и количественное истощение водных ресурсов.

На свои нужды человечество использует, главным образом, пресные воды, которые составляют 1 % от общего объема гидросферы. Для решения этой проблемы следует привлечь опреснение воды Мирового океана, подземные воды и воды ледников.

Идеальную по качеству воду способна дарить только Природа.

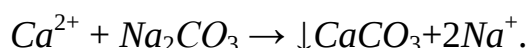
«Природе не возражают, ей подражают», – гласит один из законов экологии. На таких принципах работают водоочистные сооружения.

Из общего количества сточных вод 69 % – условно чистые; 18 % – загрязненные; 13 % – нормально очищенные. Загрязненные и нормально очищенные нуждаются в многократном разбавлении чистой водой.

Основными способами очистки сточных вод являются:

1. *Механический* – наиболее грубый: процеживание, отстаивание, фильтрование.

2. *Химический* – в основном очистка от неорганических примесей:



3. *Биологический* – очистка от органических соединений с помощью аэробных биохимических процессов. После биологической очистки ее дезинфицируют, проводят хлорирование, озонирование, радиационная обработка (для питьевой воды).

Чаще всего применяют механический способ, в перспективе предполагается увеличить долю биологических методов очистки.

Более 50 % россиян пользуются водой, не соответствующей стандартам по различным показателям.

Продолжается сброс загрязненных вод в природные водоемы. Так, в 1987 г. он составил 20,6 кубокилометров, в то время как очищенных вод – только 18,5. Чтобы представить себе, как еще велики сбросы загрязненных вод, напомним, что водные запасы Рыбинского водохранилища составляют 25 кубокилометров.

Особую опасность для подземных вод представляют захоронения промышленных стоков в глубинные формации.

Подземное захоронение промышленных отходов (жидких и твердых) следует рассматривать как метод крайне ограниченного применения.

В нашей стране накопление отходов и необходимость их ликвидации захоронением в подземных полостях в последнее время привлекает все большее внимание. Для этого можно использовать уже готовые, отработанные (как, впрочем, и специально сооружаемые) выработки различных рудни-

ков или шахт, пройденные, как правило, в плотных устойчивых породах (глины, гипсы, каменная соль, глинистые сланцы и т.п.).

В нашей стране накоплен большой опыт по созданию подземных хранилищ, безопасных для окружающей среды, для хранения, например, нефтепродуктов и сжиженного газа, радиоактивных отходов.

Метод подземной закачки промышленных сточных вод достаточно экономичен. Стоимость сооружения скважины складывается из расходов на бурение и оборудование и из затрат на наземные сооружения. Капиталовложения в строительство и оборудование скважин для закачки в пласты в 2...2,5 раза ниже, чем капиталовложения в строительство сооружений для обезвреживания аналогичных стоков, а эксплуатационные затраты меньше в 3,6 раза. Затраты на подземное захоронение стоков остаются более низкими, чем затраты на строительство очистных сооружений даже в том случае, когда вкладываются соответствующие средства в дополнительную подготовку стоков перед подземным захоронением.

Несмотря на то, что подземное захоронение сточных вод является одним из наиболее дешевых методов, его использование, как указывалось выше, может носить весьма ограниченный характер. Не все сточные воды в силу их специфических физико-химических свойств можно закачивать в глубинные горизонты.

Особенность указанного способа – новизна техники захоронения стоков и новая форма загрязнения подземных вод.

Помимо того, что возможны аварии и поломки, как и при использовании любого другого способа, которые могут вызвать загрязнение грунтовых вод и почв, подземное захоронение может привести к непредвиденным изменениям в распространении загрязняющих веществ под землей. Опасность этого усугубляется с увеличением продолжительности хранения. При недостаточной изученности геологии вмещающих пластов вредные вещества могут распространиться на большие расстояния и загрязнить грунтовые воды,

которые служат источником водоснабжения населения и промышленных предприятий.

В ряде городов случайно были обнаружены подземные озера масел, дизельного топлива, например, около Курской нефтяной базы на глубине 7 м объемом 100 тыс. т, занимающее площадь до 10 га. Аналогичные «месторождения» найдены в Туле, Орле, Ростове и на Камчатке. От неучтенных сбросов гибнут малые реки, особенно в Калмыкии, Башкирии, Белгородской, Воронежской, Саратовской, Челябинской, Вологодской областях.

Антропогенная нагрузка на воды Мирового океана в последние десятилетия значительно увеличилась. В результате резко ухудшилось качество морской воды, нанесен ущерб биологическим ресурсам океана, увеличилась опасность для здоровья людей.

Основные причины загрязнения вод морей и океанов следующие:

- сброс промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в моря или реки, в них впадающие;
- поступление с суши стоков, содержащих вещества, применяемые в сельском и лесном хозяйствах;
- захоронение на морском дне загрязняющих веществ (радиоактивные отходы и т.п.);
- разнообразные утечки с судов морского транспорта;
- аварийные выбросы и сбросы судов, а также из подводных трубопроводов;
- добыча полезных ископаемых на морском дне;
- выпадение загрязняющих веществ с осадками из атмосферы.

Помимо перечисленного в Мировой океан поступает большое количество взвешенных частиц. В нем обнаруживаются все новые и новые загрязняющие вещества антропогенного происхождения. Доля антропогенного поступления в суммарном поступлении свинца в океан составляет 92, нефти – 88, хлорированных углеводородов – 100 %. Особенно опасны для биоценоза океана хлорорганические соединения, обладающие

токсическим и канцерогенным действием. Прибрежные зоны океана подвержены процессу эвтрофикации и микробиологическому загрязнению воды в первую очередь из-за хозяйственно-бытовых стоков. Неуклонно возрастает поступление в океан нефти и нефтепродуктов. По расчетам специалистов после 1945 г. в среднем ежегодно в океан с судов сливается не менее 2,5 млн м³ нефтепродуктов. При этом всего лишь 1 т нефти способна образовать на поверхности воды мономолекулярную пленку на площади до 12 км².

В океан не только сливают все стоки, но и сбрасывают большое количество твердых отходов. Наиболее опасны контейнеры с высокоактивными отходами атомной промышленности, содержащими трансурановые элементы, которые могут оставаться опасно радиоактивными еще несколько тысяч лет. В начале 80-х годов XX в. на дно океана в специальных контейнерах опускалось ежегодно около 7 тыс. т радиоактивных отходов.

Загрязнение человеком гидросферы, в том числе Мирового океана, заключается не только в сбросе сточных вод. Человек вносит изменения в гидрологический и гидрохимический сток в целом, вмешивается в естественный круговорот веществ, меняет качество воды.

Загрязнение литосферы

Человек интенсивно воздействует на верхнюю часть твердой оболочки Земли. Преимущественно это воздействие приходится на верхний плодородный слой литосферы – почву, благодаря которой человечество удовлетворяет основную часть своих потребностей в продуктах питания.

Плодородные земли относятся к условно возобновимым ресурсам, однако время, необходимое для их восстановления, т.е. формирования плодородного слоя, достаточного для сельскохозяйственного использования, может исчисляться сотнями или даже тысячами лет. При нормальных природных условиях 1 см толщины плодородной почвы образуется за 125...400 лет.

Процесс значительно ускоряется при оптимальной агротехнике, но даже в этих условиях для создания 1 см плодородного слоя требуется не менее 40 лет.

Стремясь повысить урожаи выращиваемых культур, человек широко применяет удобрения, пестициды, строит оросительные и осушительные системы. При этом вносятся существенные антропогенные помехи в биогеохимические круговороты биогенных элементов.

Основное условие формирования высоких урожаев – наличие в почве питательных элементов в доступных формах и в должном соотношении. Основными биогенными элементами являются углерод, азот, фосфор, калий и др.

Обогащение биосферы азотом за счет удобрений опасно, так как это ведет к накоплению токсичных азотсодержащих органических соединений.

Для земледелия особенно важен баланс фосфора в экологических системах. В круговорот фосфора в биосфере вовлечены почва, вода и растения. Потери фосфора в экосистемах происходят в результате изъятия его с урожаем и за счет эрозии почвы. Подкисление почв, вызываемое выпадением кислотных осадков, переводит фосфор в формы, недоступные для растений.

Высокое естественное содержание калия в почвах обычно не лимитирует урожаи, однако в ряде природных зон повышенные дозы азота и фосфора на сельскохозяйственных угодьях приводят к отрицательному балансу калия.

При нарушении технологии использования удобрений их неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду многосторонне сказывается на различных компонентах биосферы. При этом может происходить:

- нарушение круговорота и баланса питательных веществ, снижение плодородия почв;
- снижение урожаев сельскохозяйственных культур и качества продуктов;

- развитие грибковых и других заболеваний растений, рост сорняков из-за нарушения соотношения макро- и микроэлементов в почве;
- попадание питательных элементов удобрений и почвы со стоками в грунтовые воды, а далее в поверхностные водоемы, что вызывает их эвтрофикацию;
- проникновение в стратосферу оксидов азота, образующихся при денитрификации азотных соединений почвы и удобрений, способствует разрушению озонового слоя.

Одним из видов антропогенного воздействия на почву является усиление (ускорение) процессов водной и ветровой эрозии.

Эрозия – процесс разрушения и переотложения почвенных частиц воздушными или водными потоками. Эрозия почвы происходит и в естественных условиях, однако она значительно ускоряется вследствие антропогенного воздействия на экосистемы, выражающегося в чрезмерной и неправильной распашке земли, в том числе без учета рельефа, сведения лесов, непроведения противоэрозионных агрохимических мероприятий.

В зависимости от причин возникновения этого процесса различают ветровую, водную и техногенную эрозию.

Водная эрозия может быть плоскостной, при которой разрушается поверхностный слой почвы, и линейной, вызывающей процесс разрушения почвенного профиля в глубину и почвообразующих пород. Борьбе с эрозией почв способствует безотвальная обработка земли, контурная и полосная вспашки, террасирование, создание ветрозащитных полос.

Усилению эрозии почвы, обмелению рек и озер способствует вырубка лесов. Средняя скорость сведения лесов в Юго-Восточной Азии составляет 7,1 млн га/год, в США – 2,8 млн га/год.

В ряде стран сокращение земель, используемых в сельском хозяйстве, происходит из-за чрезмерного выпаса скота: в Аргентине и Чили из-за этого выведено из использования свыше 100 млн га некогда обрабатываемых зе-

мель. Выпас скота приводит в негодность пастбища и способствует продвижению пустынь в Ираке, Сирии, Индии.

Значительно снижает плодородие почв их засоление – повышение содержания легкорастворимых солей. Оно может быть вызвано, например, привнесением солей грунтовыми и поверхностными водами. Наиболее часто засоление вызывается нерациональной системой орошения земель. Почвы считаются засоленными при содержании в них более 0,1 % по массе солей, токсичных для растений. Засолению почвы на больших площадях способствует строительство водохранилищ, вызывающее повышение уровня грунтовых вод.

В VI в. нашей эры начался быстрый рост поселений. С этого времени человек планомерно отторгает у дикой природы участки лесов, лугов и других естественных экосистем для возведения городов и поселков, строительства дорог, промышленных предприятий, свалок и т.д. Происходящее в развитых странах сокращение удельного количества пашни, приходящегося на душу населения, обусловлено также изъятием земель для промышленных нужд.

Значительное загрязнение плодородного слоя почвы и отчуждение сельскохозяйственных земель вызывает складирование и (или) захоронение промышленных и бытовых твердых отходов. Основная масса твердых отходов образуется на предприятиях следующих отраслей:

- горной и горно-химической промышленности (отвалы, шлаки, «хвосты»);
- черной и цветной металлургии (шлаки, шламы, пыль и т.д.);
- металлообрабатывающих отраслей (отходы, стружка, бракованные изделия);
- лесной и деревообрабатывающей промышленности (отходы лесозаготовки, опилки, стружка);
- энергетической – тепловые электростанции (зола, шлаки);

- химической и смежных отраслей промышленности (шламы, фосфогипс, шлаки, стеклобой, пластмассы, резина и т.п.);
- пищевой промышленности (кости, шерсть и т. п.);
- легкой и текстильной промышленности.

Накопление значительного количества твердых отходов во многих отраслях обусловлено существующим уровнем промышленных технологий, не предусматривающих комплексной переработки сырья. Многие технологии предусматривают использование не более 8...10 % сырья, а некоторые даже менее 1 % от добытого. Все остальное поступает в отходы или отвалы.

Помимо того что промышленные отходы занимают значительную территорию, они служат источником химического загрязнения почвы, гидросферы и атмосферы.

Ежегодное потребление минерального сырья в мире составляет более 100 млрд т. В результате столь интенсивного использования недр Земли облик планеты сильно изменился. *В промышленно развитых районах сформировался антропогенный ландшафт* (ландшафт, преобразованный хозяйственной деятельностью человека, при этом связь природных компонентов изменена в такой степени, что на месте ранее существовавшего природного комплекса складывается новый, развитие которого контролируется человеком. Считается, что в настоящее время антропогенные ландшафты занимают около половины территории суши), значительно отличающийся от природного. Это привело к существенному изменению (упрощению) биоценозов, свойственных таким районам.

Проблема утилизации твердых бытовых отходов – одна из острейших экологических проблем, стоящих перед городами и особенно перед крупными, где на одного жителя в год образуется 200...750 кг твердых бытовых отходов. Примерно треть этого количества составляют пищевые отходы, а еще треть – бумага и картон. Постепенно растет содержание в бытовых отходах пластических масс. При сжигании бытовых отходов, содержащих полимер-

ные материалы, возможно образование весьма токсичных соединений, например диоксинов.

Во многих регионах России, странах СНГ, отчасти Восточной Европы и в развивающихся странах реальная последовательность удаления отходов потребления и быта включает два основных элемента – источник твердых бытовых отходов (ТБО) и свалку (полигон).

Российские полигоны, за редким исключением, производят подавляющее психологическое впечатление, отравляют атмосферу и гидросферу, губят растительный покров, формируют неблагоприятную для человека окружающую среду. Свалки являются центрами концентрации люмпенизированного населения, что вызывает напряженную социальную и криминогенную обстановку вокруг них.

Анализ мирового опыта обращения с отходами показывает, что в большинстве стран Европы и Северной Америки за последнее десятилетие произошли значительные изменения. Последовательность удаления отходов в этих странах сегодня включает ряд обязательных этапов, к числу которых относятся:

- редукция (уменьшение объемов образования ТБО прежде всего путем рационализации потребления);
- вторичное использование (использования фракций отходов, обладающих потребительскими свойствами);
- переработка (использование соответствующих фракций ТБО в качестве сырья для производственных процессов);
- утилизация энергии (извлечение энергетического потенциала отходов);
- захоронение остатков ТБО, не обладающих никакими полезными свойствами, на экологически нейтральных полигонах.

Полнота осуществления такого алгоритма обращения с отходами в разных странах определяется конкретными экономическими, сырьевыми, демографическими и другими условиями. В зависимости от них принимаются адекватные национальные законодательные акты, вводятся соответствующие

организационно-финансовые механизмы, определяющие наиболее важные акценты в переработке ТБО. В целом эти шаги направлены на создание условий, стимулирующих внедрение приоритетных для данной конкретной страны методов переработки отходов.

Технологии переработки, как правило, включают в себя компостирование органического материала, извлечение металла и пластиков, сжигание относительно сухих фракций отходов и т.д. Вместе с тем даже самые современные схемы удаления ТБО включают полигоны захоронения, куда поступают остатки от переработки отходов.

Раздел 3.3. Охрана окружающей среды. Правовые аспекты.

Международное экологическое сотрудничество

Рассматриваемые вопросы: охрана окружающей среды; правовые аспекты; экологическое законодательство Российской Федерации. Экологическая стандартизация, сертификация и паспортизация. Экологический риск и зоны повышенного экологического риска. Экологический мониторинг и контроль. Роль международных экологических отношений; основные принципы международного экологического сотрудничества; участие России в международном экологическом сотрудничестве.

Важным инструментом, используемым государством в интересах сохранения и рационального использования окружающей среды является экологическое право, т.е. отрасль права, которая регулирует общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы. В связи с резким обострением экологических проблем на современном этапе роль экологического права и в целом административно-правового направления постоянно растет.

Экологическое законодательство Российской Федерации

Источниками экологического права являются следующие правовые документы:

- 1) Конституция;
- 2) Законы и кодексы в области охраны природы;
- 3) Указы и распоряжения Президента по вопросам экологии и природопользования; правительственные природоохранные акты;
- 4) нормативные акты министерств и ведомств;
- 5) нормативные решения органов местного самоуправления.

1. *Конституционные основы охраны окружающей среды* закреплены в Конституции Российской Федерации, принятой 12 декабря 1993 г. Конституция РФ провозглашает право граждан на землю и другие природные ресурсы, закрепляет право каждого человека на благоприятную окружающую среду (экологическую безопасность) и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью.

Конституция РФ определяет также организационные и контрольные функции высших и местных органов власти по рациональному использованию и охране природных ресурсов, устанавливает обязанности граждан по отношению к природе, охране ее богатств.

2. *Законы и кодексы в области охраны окружающей среды* составляют природно-ресурсную и природоохранную правовую основу. В их число входят Законы о земле, недрах, охране атмосферного воздуха, об охране и использовании животного мира и др.

Систему экологического законодательства возглавляет Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ. В вопросах охраны окружающей среды нормы других законов не должны противоречить Конституции России и данному законодательному акту.

3. *Указы и распоряжения Президента* затрагивают широкий круг экологических вопросов. Примером может служить Указ от 16 декабря 1993 г. о

федеральных природных ресурсах или Указ от 4 февраля 1994 г. о государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития.

4. *Нормативные акты природоохранительных министерств и ведомств* издаются по самым разнообразным вопросам рационального использования и охраны окружающей среды, в виде постановлений, инструкций, приказов и т.д. Они считаются обязательными для других министерств и ведомств, физических и юридических лиц.

5. *Нормативные решения местных административных органов* (мэрий, сельских и поселковых органов) дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей среды.

Государственные органы управления, контроля и надзора в области охраны окружающей среды подразделяются на две категории: органы общей и специальной компетенции.

К государственным органам общей компетенции относятся Президент, Федеральное Собрание, Государственная Дума, Правительство, представительные и исполнительные органы власти субъектов Федерации, муниципальные органы. Эти органы определяют основные направления природоохранной политики, утверждают экологические программы, обеспечивают экологическую безопасность, устанавливают правовые основы и нормы в пределах своей компетенции и т.д. Наряду с охраной окружающей среды Государственные органы этой категории ведают и другими экологическими вопросами, входящими в круг их полномочий.

Государственные органы категории специальной компетенции подразделяются на комплексные, отраслевые и, функциональные.

Комплексные органы выполняют все природоохранные задачи или какой-либо их блок. До 2000 г. функции управления природопользованием и охраны окружающей среды выполняли Государственный комитет РФ по охране окружающей среды (Госкомэкология России) и Министерство природных ресурсов РФ (МПР России) и другие ведомства. Указом Президента РФ

от 17 мая 2000 г. Государственный комитет РФ по охране окружающей среды был упразднен и его функции переданы Министерству природных ресурсов РФ, в структуру которого вошли Государственная служба охраны окружающей среды и государственная служба контроля в сфере природопользования и экологической безопасности.

Функциональные органы выполняют одну или несколько родственных функций в отношении природных объектов: Минатом России (обеспечение ядерной и радиационной безопасности); Госгортехнадзор России (контроль за использованием недр); Минздрав России (санитарно-эпидемиологический контроль); МВД России (охрана атмосферного воздуха от загрязнения транспортными средствами, санитарно-экологическая служба муниципальной милиции); Государственный таможенный контроль России (борьба с незаконным вывозом животных) и др.

Экологическая стандартизация, сертификация и паспортизация

Общие положения экологического законодательства России конкретизируются в государственных стандартах (ГОСТ), которые так же как постановления, инструкции и решения относятся к подзаконным правовым актам.

Стандарт (от англ. *standart* – норма) – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований, обязательных для исполнения.

Генеральным стандартом для природоохранной деятельности является ГОСТ 17.0.0.01-76 «Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов», введенный в действие в 1977 г.

Система стандартов в области охраны природы (ССОП) имеет следующие подсистемы (группы): 0 – основные положения; 1 – гидросфера; 2 – атмосфера; 3 – почвы; 4 – земли; 5 – флора; 6 – фауна; 7 – недра.

Одной из наиболее значительных международных природоохранных инициатив в области экологической стандартизации считается появление в нашей стране серии международных стандартов ISO 14000.

Основным предметом ISO 14000 является экологический менеджмент, т.е. система эффективного управления в организации (предприятии или компании).

На основе принятых международных стандартов ISO серии 14000 Госстандарт издал стандарты ГОСТ Р ИСО 14001–98 «Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», ГОСТ Р ИСО 14040–98 «Система управления окружающей средой. Общие руководящие указания» и др.

Экологическая сертификация – процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя и потребителя организация удостоверяет в письменной форме соответствие продукции (работ, услуг) экологическим требованиям и нормативно-правовым документам.

Правовые основы экологической сертификации закреплены Законом РФ «О сертификации продукции и услуг» (1993 г.), а также государственными и принятыми в качестве национальных международными стандартами.

С помощью сертификации контролируют безопасность продукции (работ, услуг) для человека и окружающей среды, защищают потребителя от экологически «грязных» материалов, предотвращают ввоз в страну экологически опасной продукции, технологии и др. *Документальным свидетельством подтверждения соответствия продукции установленным требованиям служит экологический сертификат соответствия.*

В соответствии с ГОСТ 17.0.0.04-90 предприятие в обязательном порядке разрабатывает экологический паспорт. *Цель паспортизации – прогноз экологической ситуации как на самом предприятии, так и вокруг него, а также контроль за выполнением природоохранных мероприятий.*

В экологический паспорт включаются фактические данные об использовании предприятиями природных ресурсов и о воздействии производства на окружающую среду.

Отдельно в виде справки с указанием времени, объемов и состава в экологическом паспорте должны быть приведены данные о залповых и аварийных выбросах (сливах) загрязняющих веществ.

Все виды экологических паспортов разрабатываются предприятием и утверждаются его руководителем по согласованию с территориальным природоохранным органом, где он регистрируется. При присутствии экологического паспорта предприятие лишается права на природопользование и хозяйственную деятельность, либо подвергается крупному штрафу.

Правовой механизм управления природопользованием и охраной окружающей среды включает в себя и такую важную форму предупредительного экологического контроля, как экспертизу. Различают государственную, общественную и иные виды экологических экспертиз.

Под государственной экологической экспертизой понимают предварительную проверку представленных материалов специальной комиссией, назначаемой Минприроды России. Задача экспертной комиссии – оценить соответствие намечаемой хозяйственной и иной деятельности требованиям экологической безопасности.

Объектами государственной экологической экспертизы являются любые проектные и предпроектные документы, новая техника и технология, продукция, сырье и материалы, вещества, а также проекты стандартов и нормативов.

Федеральным законом «Об экологической экспертизе» (1995 г.) установлены следующие принципы государственной экологической экспертизы: обязательность ее проведения, научная обоснованность выводов, независимость и вневедомственность, широкая гласность, привлечение общественности, а главное, презумпция потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

Экологическая экспертиза становится одной из важных функций государственной экологической политики. Сейчас уже невозможно представить превентивное правовое регулирование хозяйственной деятельности без экологической экспертизы, нацеленной на снижение экологического риска при принятии решений. Еще более глубоким и объемным вариантом проведения экологической экспертизы в последние годы служит – *оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)*.

ОВОС проводится при разработке всех вариантов предпроектной, в том числе прединвестиционной и проектной, документации. Процедура ОВОС предшествует проведению государственной экологической экспертизы и выполняется для предварительной оценки прямого или косвенного воздействия, которое может оказать хозяйственная или иная деятельность на окружающую среду и в первую очередь на здоровье людей, экосистемы и отдельные виды растений и животных.

Экологический риск и зоны повышенного экологического риска

Экологический риск – это оценка на всех уровнях – от точечного до глобального, вероятности появления негативных изменений в окружающей среде, вызванных антропогенной или иной деятельностью.

Под экологическим риском понимают также вероятностную меру опасности причинения вреда окружающей среде в виде возможных потерь за определенное время.

Вред окружающей среде при различных антропогенных и стихийных воздействиях очевидно неизбежен, однако он должен быть сведен до минимума и быть экономически оправданным. Любые хозяйственные или иные решения должны приниматься с таким расчетом, чтобы не превышать пределы вредного воздействия на природную среду. Установить эти пределы очень трудно, поскольку пороги воздействия многих антропогенных и природных факторов неизвестны. Поэтому расчеты экологического риска должны быть

вероятностными и многовариантными, с выделением риска для здоровья человека и природной среды.

Различают три главные составляющие экологического риска:

- оценку состояния здоровья и возможного числа жертв;
- оценку состояния биоты (в первую очередь фотосинтезирующих организмов) по биологическим интегральным показателям;
- оценку воздействия загрязняющих веществ, техногенных аварий и стихийных бедствий на человека и природную среду.

Учитывают следующие правила допустимого экологического риска при антропогенных воздействиях:

- 1) неизбежность потерь в природной среде;
- 2) минимальность потерь в природной среде;
- 3) реальная возможность восстановления потерь в природной среде;
- 4) отсутствие вреда здоровью человека и необратимых изменений в природной среде;
- 5) соразмерность экологического вреда и экономического эффекта.

Любое превышение пределов допустимого экологического риска на отдельных производствах должно пресекаться по закону. С этой целью ограничивают или приостанавливают деятельность экологически опасных производств, а на стадиях принятия решений допустимый экологический риск оценивают с помощью государственной экологической экспертизы и, в случае его превышения представленные для согласования материалы отклоняют. Фактор экологического существует на любых производствах, независимо от мест их расположения. Однако существуют регионы, где в сравнении с более экологически благополучными районами, во много раз превышены вероятность проявления негативных изменений в экосистемах, а также вероятность истощения природно-ресурсного потенциала и, как следствие, величины риска потери здоровья и жизни для человека. *Эти регионы получили название зон повышенного экологического риска.*

В пределах регионов повышенного экологического риска выделяют зоны:

- 1) хронического загрязнения окружающей среды;
- 2) повышенной экологической опасности;
- 3) чрезвычайной экологической ситуации;
- 4) экологического бедствия.

К первым двум зонам относят территории регионов, городов, районов с повышенным уровнем антропогенной нагрузки, снижением плодородия почв, дефицитом пресной воды и др.

К зонам чрезвычайной экологической ситуации относят территории, на которых в результате воздействия негативных антропогенных факторов происходят устойчивые отрицательные изменения окружающей среды, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экосистем, генофондам растений и животных.

Зоной экологического бедствия указами Президента России или постановлениями Правительства РФ на основе государственной экологической экспертизы объявляется часть территории Российской Федерации, на которой произошли необратимые изменения окружающей среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, разрушение естественных экосистем, деградацию флоры и фауны.

Экологический мониторинг и контроль

Под мониторингом (от лат. «монитор» – напоминающий, надзирающий) понимают систему наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Основным принцип мониторинга – непрерывное слежение.

Мониторинг является важнейшей частью экологического контроля, который осуществляет государство. *Главная цель мониторинга – наблюдение за состоянием окружающей среды и уровнем ее загрязнения. Не менее важно своевременно оценить и последствия антропогенного воздействия на биоту, экосистемы и здоровье человека, а также эффективность природоохранных*

мероприятий. Но *мониторинг* – это не только слежение и оценка фактов, но и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей среды.

По территориальному охвату различают три ступени, или блока, современного мониторинга:

- 1) *локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический),*
- 2) *региональный (геосистемный, природно-хозяйственный),*
- 3) *глобальный (биосферный, фоновый).*

Экологический контроль (контроль в области охраны окружающей среды) – это система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

Общие задачи, которые решаются в процессе экологического контроля, сформулированы в ст. 64 Федерального закона «Об охране окружающей среды» (2002 г.). Основаны они на соблюдении требований, в том числе нормативов и нормативных документов в области охраны окружающей среды, а также обеспечения экологической безопасности.

Различают следующие формы экологического контроля:

- *информационный* (сбор и обобщение экологической информации),
- *предупредительный* (предотвращение наступления вредных экологических последствий),
- *карательный* (применение мер государственного принуждения к эконарушителям).

Объектами экологического контроля являются: земля, недра, леса, животный мир, атмосферный воздух, природно-заповедный фонд, континентальный шельф, а также окружающая среда в целом.

Экологический контроль имеет надведомственный характер. Это означает, что экологические требования в законодательстве относятся к любым формам хозяйственной и иной деятельности.

В Российской Федерации осуществляется государственный, производственный, муниципальный и общественный экологический контроль. В систему экологического контроля входит также мониторинг, обеспечивающий службы контроля необходимой информацией о состоянии среды.

Специфической формой производственного контроля в последнее время становится экологическое аудирование деятельности предприятия.

Экологический аудит – это независимая, комплексная проверка (ревизия) соответствия деятельности объекта (предприятия) природоохранным нормам и правилам с целью выработки рекомендаций по снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Экологический аудит проводится как по инициативе самих предприятий (и тогда он фактически является одной из форм производственного экологического контроля), так и в обязательном порядке.

В состав экоаудита входят анализ бухучета предприятия по экологическим показателям, прогноз экологических рисков и ущербов, измерения различных экологических параметров аудируемого объекта и окружающей среды и на этой основе – разработка рекомендаций по обеспечению экологически безопасной деятельности.

Международное экологическое сотрудничество

Гармонизация международных экологических отношений – один из основных путей выхода мирового сообщества из экологического кризиса. Общепризнано, что реализовать стратегию выхода из него можно лишь на основе единства природоохранных действий всех государств. Сегодня ни одна страна не в состоянии решить свои экологические проблемы в одиночку или сотрудничая лишь с небольшой группой стран. Необходимы четкие согласованные усилия всех государств, координация их действий на строгой международно-правовой основе.

Согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» (2002 г.) (ст. 82), если международным экологическим договором, заключен-

ным Российской Федерацией, установлены иные правила, чем те, которые содержатся в российском законодательстве, то применяются правила международного договора. Тем самым в России законодательно закрепляется принцип примата международного права над внутренним в области экологического сотрудничества.

Высокая приоритетность экологического фактора в международных отношениях постоянно возрастает, что связано с прогрессирующим ухудшением состояния биосферы. Есть все основания полагать, что в XXI в. экология будет в ряду высших приоритетов глобальной системы международных отношений. Уже сейчас некоторые государственные деятели считают возможным создание такого надгосударственного органа, который бы управлял охраной и рациональным использованием окружающей среды во всех государствах и регионах.

Объекты охраны окружающей среды подразделяются на национальные (внутригосударственные) и международные (общемировые).

К национальным (внутригосударственным) объектам относятся земля, воды, недра, дикие животные и другие элементы природной среды, которые находятся на территории государства. Национальными объектами государства распоряжаются свободно, охраняют и управляют ими на основании собственных законов в интересах своих народов.

Международные объекты охраны окружающей среды – это объекты, которые находятся в пределах международных пространств – Космос, атмосферный воздух, Мировой океан и Антарктида, либо перемещаются по территории различных стран (мигрирующие виды животных). Эти объекты не входят в юрисдикцию государств и не являются чьим-либо национальным достоянием. Они осваиваются и охраняются на основании различных Договоров, Конвенций, протоколов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

Существует еще одна категория международных объектов природной среды, которая охраняется и управляется государствами, но взята на между-

народный учет. Это, во-первых, природные объекты, представляющие уникальную ценность и принятые на международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы), во-вторых, исчезающие и редкие животные и растения, занесенные в Международную Красную книгу, и, в-третьих, разделяемые природные ресурсы, постоянно или значительную часть года, находящиеся в пользовании двух или более государств (реки Дунай, Балтийское море и др.).

Одним из важнейших объектов международной охраны является Космос. Ни одна страна в мире не имеет каких-либо прав на космическое пространство. Космос – достояние всего человечества. Этот и другие принципы отражены в международных Договорах по использованию космического пространства. В них Международным сообществом признаны: недопустимость национального присвоения частей космического пространства, включая Луну и другие небесные тела; недопустимость вредного воздействия на Космос и загрязнения космического пространства. Оговорены также условия спасания космонавтов.

Для ограничения военного использования Космоса большое значение имеет Договор об ограничении систем противоракетной обороны и советско-американские Соглашения об ограничении стратегических наступательных вооружений (СНВ).

Мировой океан также представляет собой объект международной охраны. Он содержит огромное количество полезных ископаемых, биологических ресурсов, энергии. Велико и транспортное значение океана. Освоение Мирового океана должно проводиться в интересах всего человечества.

Антарктиду справедливо называют материком мира и международного сотрудничества. В 1959 г. СССР, США, Англия, Франция, Аргентина и ряд других стран заключили Договор об Антарктиде, в котором провозглашалась свобода научных исследований, использование этого материка только в мирных целях, определялся международно-правовой режим Антарктиды. Новые более жесткие меры по охране животного и растительного мира,

удалению отходов и предупреждению загрязнения отражены в Протоколе, подписанном в октябре 1991 г. в Мадриде по итогам международного сотрудничества в Антарктиде.

Еще один важнейший международный объект охраны окружающей среды – атмосферный воздух. Усилия международного сообщества нацелены главным образом на предупреждение и устранение трансграничного переноса загрязнителей атмосферы и охрану озонового слоя от разрушения.

Международные отношения в этих вопросах регулируются Конвенцией 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, Монреальскими (1987) и Венскими (1985) соглашениями по озоновому слою, Конвенцией о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992) и другими согласованными документами.

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды регулируется международным экологическим правом, в основе которого лежат общепризнанные принципы и нормы. Важнейший вклад в становление этих принципов внесли Стокгольмская конференция ООН по проблемам окружающей человека среды (1972 г), Всемирная Хартия природы (ВХП), одобренная Генеральной Ассамблеей (1982) и Международная конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992).

Соответственно в истории развития (кодификации) основных экологических принципов международного сотрудничества обычно выделяют три этапа (периода).

1. *Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде (1972) ознаменовала начало важнейшего этапа в экологической политике государств и международных сообществ.* По итогам конференции была принята Декларация, в которой определялись стратегические цели и направления действий мирового сообщества в области охраны окружающей среды.

Стокгольмская конференция провозгласила 5 июня Всемирным днем окружающей среды. *На конференции был образован постоянно действующий*

щий орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП) со штаб-квартирой в г. Найроби (Кения).

Программа ЮНЕП предусматривает организацию и планирование природоохранных действий в пределах трех функциональных направлений:

- 1) оценка окружающей среды – глобальная система наблюдений;
- 2) управление окружающей средой;
- 3) вспомогательные меры (образование в области окружающей среды и подготовка кадров).

ЮНЕП координирует также деятельность других международных организаций по использованию, воспроизводству и охране компонентов окружающей среды – земель, вод, атмосферы, растительного и животного мира и др.

2. *Всемирная Хартия природы (ВХП)* принята Генеральной Ассамблеей ООН 28 октября 1982 г. Как и Стокгольмская декларация, Всемирная Хартия природы определила приоритетные направления экологической деятельности международного сообщества на тот период, что в значительной мере предопределило дальнейшее формирование экологической политики государств. По мнению многих ученых и специалистов, Всемирная Хартия природы в сравнении с конференцией в Стокгольме (1972) продвинулась дальше по пути «генерализации международных юридических принципов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов».

В Хартии были провозглашены следующие основные принципы:

- Человечество осознает, что является составной частью природы. Поэтому к природе следует относиться с уважением и не нарушать ее основных принципов.
- Генетическая основа жизни на Земле не должна подвергаться опасности. Популяция каждой формы жизни, дикой или одомашненной, должна сохраняться, необходимую для этого среду обитания следует сохранять.
- Все регионы Земли, как на суше, так и на морях, должны быть подчинены охране в соответствии с этими требованиями, особая защита должна

обеспечиваться уникальным районам – типичным представителям всех видов экосистем и среды обитания редких или исчезающих видов.

➤ Природные ресурсы должны не расточаться, а использоваться умеренно, как того требуют принципы, изложенные в настоящей Хартии; биологические ресурсы используются лишь в пределах их природной способности к восстановлению; ресурсы многократного пользования, включая воду, используются повторно или рециркулируются.

Согласно Хартии деградация природных систем в результате чрезмерного и нерационального использования природных ресурсов, так же как и неспособность установить прочный эколого-экономический порядок между странами и народами, ведут к подрыву основ цивилизации.

3. *Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г.).* В Рио-де-Жанейро встретились 114 глав государств, представители 1600 неправительственных организаций. Бесспорно, это был самый впечатляющий форум по экологии в XX в.

Открывая конференцию, Генеральный секретарь ООН Б. Бутрос Гали отметил, что: «Никогда ранее в истории так много не зависело для вас самих, для ваших детей, для ваших внуков, для жизни во всем многообразии ее форм от того, что вы делаете или не делаете».

На конференции были одобрены пять основных документов:

- Декларация РИО об окружающей среде и развитии.
- Повестка дня – XXI в.
- Заявление о принципах управления, сохранения и устойчивого развития всех типов лесов.
- Рамочная конвенция по проблеме изменений климата.
- Конвенция по биологическому разнообразию.

Важнейшими достижениями Конференции ООН было признание следующих фактов: «проблемы окружающей среды и экономического развития не могут рассматриваться отдельно» (принцип 4), «государства должны сотрудничать в духе всемерного партнерства с целью сохранить, защитить и

восстановить здоровье и целостность экосистемы Земли» (принцип 7), «мир, развитие и защита окружающей среды взаимосвязаны и неразделимы» (принцип 25).

В основу разработки экологической стратегии государством мирового сообщества рекомендовалось положить концепцию устойчивого развития.

На Конференции было подчеркнуто, что устойчивому развитию, под которым понимается одновременное решение проблем экономического развития и экологии, нет разумной альтернативы.

Участие России в международном экологическом сотрудничестве

Наша страна играет значительную роль в решении глобальных и региональных экологических проблем. Будучи правопреемником СССР, *Российская Федерация взяла на себя договорные обязательства бывшего СССР по предотвращению экологической катастрофы, сохранению биосферы и обеспечению развития человечества.*

Основные направления международного сотрудничества России в области охраны окружающей среды следующие:

- 1) государственные инициативы;
- 2) международные организации;
- 3) международные конвенции и соглашения;
- 4) двустороннее сотрудничество.

Государственные инициативы по международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды имеют давнюю историю. Только в 80-90-е годы нашей страной был выдвинут целый ряд конструктивных предложений по международному сотрудничеству в целях экологической безопасности, например, по природоохранному взаимодействию в Азиатско-Тихоокеанском регионе (г. Красноярск, сентябрь 1988 г.), по защите морской среды Балтики (г. Мурманск, октябрь 1987 г.), по координации усилий в области экологии под эгидой ООН (43-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН, декабрь 1988 г.).

Российская Федерация продолжает играть активную роль в международном экологическом сотрудничестве. В частности, важные предложения участникам конференции в Рио-де-Жанейро содержались в послании Президента России (1992).

Решения Конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992) были одобрены в России и нашли отражения в Концепции перехода Российской Федерации на модель устойчивого развития. Россия уделяет большое внимание и организации международного партнерства по решению проблем перехода к устойчивому развитию.

Международные организации по охране природы действуют почти во всех странах мира. Органы руководства сосредоточены, прежде всего, в ООН. Ключевую функцию по организации природоохранной деятельности в системе ООН осуществляет упомянутая выше ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде.

Россия активно сотрудничает с ЮНЕП и другими организациями в области охраны окружающей среды в выработке стратегии защиты от загрязнения, создании системы глобального мониторинга, борьбы с опустыниванием и др.

Большую активность в решении глобальных природоохранных проблем проявляет *Международный союз охраны природы (МСОП)*, переименованный в 1990 г. во *Всемирный союз охраны природы*. СССР вступил в союз на правах члена-государства в 1991 г., а сейчас это членство продолжает Российская Федерация. В настоящее время МСОП стал одним из лидеров в разработке проблем биоразнообразия. По инициативе МСОП выпущена Международная Красная книга редких и исчезающих видов растений и животных (в пяти томах).

Много внимания Россия уделяет работе и в других специализированных организациях ООН, имеющих комплексный природоохранный характер, в частности: *ЮНЕСКО (орган ООН по культуре, науке и образованию)*, *ВОЗ*

(Всемирная организация здравоохранения), ФАО (орган ООН по продовольствию и сельскому хозяйству).

Укрепляются научные связи России с МАГАТЭ *(Международное агентство по атомной энергии).*

Россия активно содействует реализации основных программ *Всемирной метеорологической организации ООН (ВМО)*, в частности Всемирной климатической программы. По каналам ВМО в Россию, поступает информация о состоянии Мирового океана, атмосферы, озонового слоя Земли и загрязнении окружающей среды.

На основе межправительственных соглашений *развивается двустороннее сотрудничество* со всеми пограничными странами, включая государства СНГ, а также с США, Великобританией, Францией, Китаем и другими странами.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебным планом предусмотрено выполнение контрольного Задания по экологии, что позволит студентам глубже и полнее освоить материал, а также совершенствовать навыки самостоятельной работы.

Номер варианта контрольной работы по экологии определяется двумя последними цифрами номера зачетной книжки студента (последняя цифра соответствует номеру варианта, предпоследняя цифра номера зачетной книжки указывает на четность или нечетность вопросов в варианте. 10 варианту отвечает последняя цифра «0» в зачетной книжке.

Например:

– две последние цифры в зачетной книжке «38», это означает, что студент должен выполнить контрольную работу в соответствии с вариантом № 8, ответив на все нечетные вопросы (1, 3, 5, 7, 9).

– две последние цифры в зачетной книжке «49», это означает, что студент должен выполнить контрольную работу в соответствии с вариантом № 9, ответив на все четные вопросы (2, 4, 6, 8, 10).

Таким образом, необходимо ответить на 5 вопросов.

Контрольная работа, выполненная не по варианту, преподавателем не рецензируется и не засчитывается. Оформлять работу следует грамотно, четко и аккуратно. Условия заданий должны быть записаны полностью. В конце работы следует привести список использованной литературы (автор, название, место издания, издательство, год), поставить подпись и дату выполнения.

Оформление контрольной работы должно соответствовать следующим требованиям.

Текстовая часть контрольной работы располагается на одной стороне стандартного листа бумаги формата А4 (210х297 мм) с соблюдением следующих размеров полей:

- левое – 30 мм;
- правое – 10 мм;
- верхнее и нижнее по 20 мм.

Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman, (14 пт), межстрочный интервал 1,5. Абзацные отступы должны быть одинаковыми по всему тексту – 1,25. Форматирование текста по ширине.

Текст делят на разделы по количеству вопросов. В начале отчета помещают содержание (оглавление), представляющее последовательное перечисление освещаемых в контрольной работе вопросов.

Заголовок каждого вопроса пишется прописными буквами. В конце заголовка точка не ставится и слова в названиях разделов не переносятся. При наличии двух предложений в заголовке, они разделяются точкой.

Освещение каждого вопроса начинается с новой страницы.

Каждый новый вопрос следует начинать с абзаца, в котором указываются его цель и задачи, и заканчивается абзацем, в котором кратко формулируются основные выводы и предложения по рассмотренному вопросу.

Текст излагается кратко и четко и пишется в соответствии со стандартами и техническими условиями, принятыми в научно-технической литературе, т.е. от третьего лица, употребляя глаголы неопределенной формы.

Сокращение слов в тексте и подписях под иллюстрациями, как правило, не допускаются. Разрешено применять сокращения, предусмотренные государственным стандартом.

Иллюстрации (схемы, чертежи, фотографии и пр.) размещают сразу после ссылки на них в тексте или в приложениях и именуют их рисунками. Все иллюстрации нумеруют арабскими цифрами в пределах всего отчета или раздела. Под рисунками дается содержательная подпись.

Номер рисунка в тексте указывают так: рисунок 5 или рисунок 5.2 (второй рисунок пятого раздела). Повторные ссылки на рисунки в тексте дают следующим образом: см. рис. 1 или см. рис. 1.2.

Таблицы помещают сразу же после первого упоминания о них в тексте. При большом количестве таблиц они помещаются в приложении. Над таблицей слева направо помещают тематический заголовок таблицы, например:

Таблица 1 – Объем производства продукции, или

Таблица 1.2 – Количество готовой продукции (вторая таблица первого раздела).

Заголовки граф и колонок внутри таблицы начинают с прописных букв. Если подзаголовки граф составляют одно предложение с заголовками, их пишут со строчных букв, при самостоятельном же значении – с прописной буквы.

Цифры в графах таблицы должны иметь одинаковое число десятичных знаков, и их располагают так, чтобы числа по всем графам были точно одно под другим. Дробные числа приводят только в виде десятичных дробей за исключением размеров в дюймах, например: $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$ и т.д.

Использованные литературные источники, на которые ссылаются в контрольной работе, приводят в виде списка в конце работы. Список нумеруется в алфавитном порядке или, что предпочтительнее, по мере появления ссылок на источник в тексте работы. Допускается это делать и по отдельным вопросам. Описание литературного источника должно включать все издательские данные, которые имеются на обороте титульного листа источника (монографиях, учебниках) или в его конце.

Общий объем контрольной работы должен быть не менее 15 стр. печатного текста.

Обращаем внимание, что при ответе на вопросы необходимо отвечать точно на поставленный вопрос, а не переписывать несколько страниц учебника.

Если контрольная работа по экологии выполнена достаточно грамотно, студент допускается к собеседованию с преподавателем. Если же контрольная работа содержит существенные ошибки, необходимо исправить ошибки в соответствии с замечаниями рецензента. Исправления следует выполнять в конце тетради, а не в рецензированном тексте.

Студент, не выполнивший контрольную работу в срок, установленный учебным графиком, не допускается к сдаче экзамена или зачета.

6. ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ЭКОЛОГИИ

Вариант 1

1. Определение предмета «экология». Цели и задачи дисциплины.
2. Продуценты. Их функции. Примеры.
3. Источники электромагнитного загрязнения
4. Перечислите антропогенные факторы экологической среды городов.
5. Структура атмосферы и состав нижних слоев атмосферы.
6. Общие сведения о запасах воды в мире, России, на Северо-Западе РФ.
7. Эрозия почвы: типы, причины и последствия.

8. Антропогенное воздействие на почвенные экосистемы.
9. ТЭС – источник загрязнения биосферы и мероприятия по уменьшению этого воздействия.
10. Глобальные экологические проблемы. Краткая характеристика.

Вариант 2

1. Какова структура современной науки экологии?
2. Непищевые отношения в экосистемах. Примеры.
3. Охарактеризуйте наиболее общие факторы антропогенного воздействия на биосферу.
4. Пути решения проблемы роста народонаселения Земли.
5. Раскрыть сущность понятия «кислотные дожди». В чем их причины и последствия.
6. Свойства воды и пути ее использования человеком.
7. Классификация твердых отходов.
8. Структура почвы, ее свойства (ионообменная емкость, влагоудерживающая способность, воздухопроницаемость, кислотность и др.).
9. Основные документы Международной конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992).
10. Проекты использования солнечной энергии.

Вариант 3

1. Основные природоохранные документы РФ.
2. Определение биосферы, ее границы.
3. Воздействие шума на человеческий организм и меры борьбы с шумовыми загрязнениями.
4. Основные воздействия городской среды на человека.
5. Последствия применения пестицидов и угроза для озонового слоя.
6. Охарактеризуйте способность воды к самоочищению.
7. Охарактеризовать методы борьбы с эрозией почвы.

8. Основы почвенного плодородия.
9. Сравните воздействия ТЭС и ТУ (тепловых установок) на биосферу.
10. Альтернативные источники энергии.

Вариант 4

1. Экологический императив. Суть концепции устойчивого развития.
2. Пищевые цепи, пищевые сети, пищевые пирамиды. Значение. Примеры.
3. Источники искусственной радиации и их воздействие на человека.
4. Причины демографического взрыва в XX веке.
5. Охарактеризовать экологические проблемы, связанные с освоением космоса.
6. Источники загрязнения воды.
7. Структура почвы. Ее свойства (ионообменная емкость, влагоудерживающая способность, воздухопроницаемость, кислотность и др.).
8. Эрозия почвы: типы, причины, последствия.
9. Последствия применения пестицидов в сельском хозяйстве.
10. Пути экологизации автотранспорта.

Вариант 5

1. Этапы развития экологии как науки.
2. Экосистема и биогеоценоз. Примеры.
3. Роль света в жизнедеятельности растений и животных.
4. Основные направления технических мероприятий по ограничению уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах.
5. Что такое «парниковый» эффект? Указать причины возникновения и возможные последствия.
6. Основные виды загрязнения воды.
7. Способы переработки бытовых отходов.
8. Методы борьбы с эрозией почвы.

9. Укажите пути нарушения гомеостаза экосистем при эксплуатации ГЭС и пути решения этой проблемы.

10. Структура биосферы.

Вариант 6

1. Структура и задачи экологического мониторинга.

2. Детритофаги, редуценты. Их значение.

3. Понятие о среде обитания и экологических факторах.

4. Пути ограничения уровня распространения загрязнений в городе.

5. Указать виды загрязняющих веществ в воздухе и их нормирование (ПДК, ПДВ).

6. Причины закисления водоемов и влияние его на биогеоценозы.

7. Перечислить способы предупреждения эрозии и опустынивание поч-
вы.

8. Бытовые отходы и их переработка.

9. Экологические проблемы урбанизации. Причины и следствия загряз-
нения окружающей среды в городах.

10. Объемы и последствия влияния на биосферу использования АЭС в
мире и в России.

Вариант 7

1. Международное сотрудничество в области экологии.

2. Уровни организации живых систем.

3. Охарактеризуйте межвидовые взаимодействия в экосистеме.

4. Урбанизация населения в мире и России.

5. Перечислите основные загрязнители воздуха, укажите их состав и
источники.

6. Критерии оценки состояния сточных вод (ПДК, ПДС, БПК, ХПК).

7. Перечислить минеральные элементы питания почвы и их значение.

8. Почвенные ресурсы, их значение.

9. Загрязнение биосферы автотранспортом.
10. Рациональное природопользование. Малоотходные и безотходные производства. Примеры.

Вариант 8

1. Какова государственная система управления охраны окружающей среды в России? Какие задачи решает экологическая экспертиза и ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду)?
2. Консументы, типы консументов. Примеры.
3. Влияние температуры на живые организмы.
4. Численность населения в высокоразвитых и развивающихся странах и ее перспективы.
5. Что необходимо предпринять для уменьшения загрязнения воздуха?
6. Основные методы очистки сточных вод.
7. Промышленные отходы и их переработка.
8. Последствия загрязнения почв пестицидами.
9. Леса – роль и функции в биосфере. Экологические проблемы лесных ресурсов.
10. Охарактеризуйте альтернативные источники получения энергии.

Вариант 9

1. Перечислите современные глобальные проблемы человечества?
2. Перечислить основные типы организмов по их функциональному значению в экосистемах.
3. Роль бактерий, вирусов и простейших в возникновении эпидемий. Меры борьбы с инфекционными заболеваниями.
4. Стадии демографического перехода.
5. Что такое озоновый слой? Каково его значение и последствия его нарушения?
6. Нормативы качества питьевой воды.

7. Охарактеризовать влияние различных свойств почвы на урожайность сельскохозяйственной продукции.
8. Загрязнение почвы химическими веществами: источники и последствия.
9. Трансграничный перенос вредных веществ и его последствия для экосистем.
10. Глобальные экологические проблемы. Краткая характеристика.

Вариант 10

1. Экологический мониторинг, его сущность, задачи, уровни.
2. Функции биосферы.
3. Некоторые общие закономерности действия факторов среды на организм: правила оптимума, взаимодействия факторов, лимитирующие факторы.
4. Перечислите антропогенные факторы экологической среды городов.
5. В чем заключается отрицательное воздействие загрязнителей воздуха на здоровье людей?
6. Причины и последствия эвтрофикации водоемов.
7. Загрязнение почвы химическими веществами: источники и последствия.
8. Промышленные отходы и их переработка.
9. Техносфера. Основные факторы превращения биосферы в техносферу. Рост потребления энергоресурсов и наращивание военных расходов.
10. Ноосфера – как новая стадия эволюции биосферы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература

1. Степановских А.С. Биологическая экология. Теория и практика: учебник. – Издательство: Юнити-Дана, 2009 г. <http://www.knigafund.ru/books/116404>.

2. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник. – Издательство: Юнити-Дана, 2011 г. <http://www.knigafund.ru>.

Дополнительная литература

3. Передельский Л.В., Коробкин В.И., Приходченко О.Е. Экология: учеб. – М.: Проспект, 2009. – 512 с.

4. Стадницкий Г.В. Экология: Учебник для вузов. – 8-е изд. – СПб.: Химиздат, 2008. – 288 с.

5. Акимова Т.А. Экология-Человек-Экономика-Биота-Среда: Учебник для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 495 с.

6. Маринченко А.В. Экология: Уч. пособие. – М., 2008 г.

7. Гутенёв В.В., Денисов В.В., Денисова И.А. Промышленная экология: Уч. пособие. – Ростов-н/Д: Март, 2007. – 719 с.

8. Лебедева М.И., Анкудимова И.А. Экология: Учеб. пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 80 с.

9. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2003. – 624 с.

10. Гиляров А.М. Популяционная экология. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.

11. Резниченко Ю.Г. Математические модели в биофизике и экологии. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 184 с.

12. Трифонов К.И., Девисилов В.А. Физико-химические процессы в техносфере: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 240 с.

13. Исидоров В.А. Экологическая химия: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Химиздат, 2001. – 304 с.
14. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера: Библиогр. тр. акад. В.И. Вернадского. М.: Наука, 1994. – 672 с.
15. Вернадский В.И. История природных вод. – М.: Наука, 2003. – 750 с.
16. Одум Ю. Экология: Пер. с англ. / Под ред. В. Е. Соколова: В 2-х т. – М.: Мир, 1986 (т. 1 – 328 с., т. 2 – 376 с.).
17. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1978. – 380 с.
18. Словарь терминов и определений по охране окружающей среды, природопользованию и экологической безопасности для Санкт-Петербурга. 3-е издание, дополненное и переработанное / Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. – СПб., 2004. – 256 с.
19. Закон Российской Федерации об охране окружающей природной среды. М.: Республика, 1992. – 64 с.
20. Специализированные и отраслевые журналы:
 - Биотехнология;
 - Экология и жизнь.

Информационное обеспечение дисциплины

21. <http://www.ecolife.org.ua>.
22. <http://ekoman.narod.ru>.
23. <http://ecoportal.ru>.
24. <http://www.ecologylife.ru>.
25. www.ecocisr.spb.ru.
26. <http://www.xumuk.ru/ecochem>.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	6
2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	8
3. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ	8
3.1. Направление 19.03.04	8
3.2. Направление 38.03.06	9
3.3. Направление 38.03.07	9
3.4. Направление 43.03.01	10
4. СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ	11
4.1. Модуль 1 «Общая экология»	11
Раздел 1.1. Наука экология. Краткий обзор ее развития.	
Взаимодействие организма и среды	11
Раздел 1.2. Экология популяций. Экология биотических сообществ. Экологические системы	28
4.2. Модуль 2 «Учение о биосфере»	50
Раздел 2.1. Характеристика и состав биосферы. Учение В.И. Вернадского	50
Раздел 2.2. Биосфера и человек. Ноосфера	70
4.3. Модуль 3 «Прикладная экология»	76
Раздел 3.1. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Загрязнение атмосферы	76
Раздел 3.2. Загрязнение гидросферы и литосферы	89
Раздел 3.3. Охрана окружающей среды. Правовые аспекты.	
Международное экологическое сотрудничество	99
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	117
6. ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ЭКОЛОГИИ	120
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	126