

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емец Валерий Сергеевич  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 19.10.2023 15:36:43  
Уникальный программный ключ:  
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Информатика и информационные технологии»

Е.В. Воробьева

**ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Рязань  
2022

**УДК 504.7**

**ББК 20.1**

**В 75**

**Воробьева, Е.В.**

**В 75** Экология: учебное пособие / Е.В. Воробьева. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2022. – 40 с.

В учебном пособии излагается теоретический материал по дисциплине «Экология», раскрываются основные понятия и научные положения курса. Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

**УДК 504.7**

**ББК 20.1**

© Воробьева Е.В., 2022

© Рязанский институт (филиал)

Московского политехнического  
университета, 2022

## Содержание

Введение.....	4
1 Структура и функционирование экосистем.....	5
1.1 Структура экосистемы.....	5
1.2 Движение энергии в экосистеме.....	6
1.3 Принципы функционирования экосистем.....	7
1.4 Экологические факторы.....	7
1.5 Антропогенное воздействие на экосистемы.....	9
1.6 Законы реакции живых организмов на действие экологических факторов.....	9
2 Атмосфера – естественная и техногенная среда обитания.....	10
2.1 Характеристика атмосферы.....	10
2.2 Антропогенное воздействие на атмосферу.....	12
2.3 Самоочищение атмосферного воздуха.....	15
2.4 Методы очистки выбросов промышленных предприятий в атмосферу.....	16
3 Гидросфера – естественная и техногенная среда обитания.....	19
3.1 Характеристика гидросферы.....	19
3.2 Антропогенное воздействие на гидросферу.....	20
3.3 Самоочищение гидросферы.....	22
3.4 Методы очистки сточных вод промышленных предприятий.....	23
4 Литосфера, почва – естественная и техногенная среда обитания.....	25
4.1 Характеристика почвы.....	25
4.2 Антропогенное воздействие на литосферу.....	26
4.3 Самоочищение почвы.....	29
4.4 Меры борьбы с загрязнением почв.....	30
5 Правовые основы экологии.....	31
5.1 Основные понятия экологического права.....	31
5.2 Юридическая ответственность за экологические правонарушения.....	32
6 Экономические основы экологии.....	35
6.1 Экономический механизм природопользования.....	35
6.2 Плата за пользование природными ресурсами.....	35
6.3 Плата за негативное воздействие на окружающую среду.....	36
Библиографический список.....	39

## **Введение**

Термин «экология» предложен в 1866 г. биологом Э. Геккелем (от греческого «эйкос» – дом, жилище и «логос» – знание) в работе «Всеобщая морфология организмов». Выделен в самостоятельный раздел биологии, изучающий совокупность взаимосвязей между живыми и неживыми компонентами природной среды.

Современная экология – это наука о взаимосвязи и взаимодействии различных видов живых организмов между собой и со средой обитания. Предметом (объектом) изучения экологии являются экологические системы.

Требования любого живого организма к качеству окружающей среды достаточно консервативны, они выработались в течение многих тысячелетий эволюции. При резком изменении этих факторов возможны нарушения в жизнедеятельности организма и даже его смерть.

Эксплуатация природных ресурсов и природных систем без понимания и учета взаимосвязи процессов, вызванных техническим прогрессом, приведет к необратимым негативным последствиям.

Успешное решение экологических задач возможно лишь в случае владения определенными знаниями в области экологии, позволяющими оценивать общественное производство с экологической позиции.

Ввиду чего дисциплина «Экология» изучается в рамках целого ряда направлений подготовки системы высшего образования.

# 1 Структура и функционирования экосистем

## 1.1 Структура экосистемы

Важнейшее понятие в экологии – понятие «экосистема». Этот термин был введен в 1935 г. А. Тенсли.

**Экологическая система** (экосистема) – совокупность живых и неживых компонентов биосферы, функционально взаимосвязанных вещественно–энергетическим обменом и механизмом прямых и обратных информационных связей. Основные свойства экосистем – способность осуществлять круговорот веществ, противостоять внешним воздействиям, производить биологическую продукцию.

Экосистема представлена живыми организмами и неживыми факторами.

**Неживые факторы** (абиотическая среда) – это газы, вода, твердые минеральные и органические вещества.

Живые организмы представлены растениями, животными, микроорганизмами. Вся совокупность живых организмов экосистемы называется **биотой**.

Биота большинства экосистем включает три основные категории организмов:

- продуценты,
- консументы,
- детритофаги и редуценты.

**Продуценты** (от лат. *producentis* – производящий) – производители – живые существа, способные из неорганических материалов среды строить органические вещества. Их называют автотрофами, поскольку они сами снабжают себя органическими веществами.

По характеру внешнего источника энергии все продуценты подразделяются на фотоавтотрофы и хемоавтотрофы.

**Фотоавтотрофы** используют для синтеза энергию солнечного излучения. К ним относятся зеленые растения.

**Хемоавтотрофы** для синтеза органического вещества используют энергию химических связей. К ним относятся бактерии.

**Консументы** (от лат. *consumentis* – потребляющий) – живые существа, не способные строить свое тело из неорганических веществ. Они требуют поступления органического вещества извне, в составе пищи.

Консументы называются гетеротрофами, так как живут за счет продуктов, синтезированных другими (гетеро–) организмами.

К гетеротрофам относится большинство видов животных. Их подразделяют на консументы (гетеротрофы) 1–го порядка (растительноядные), 2–го порядка (первичные хищники), 3–го порядка (вторичные хищники) и т.д.

**Детритофаги (сапрофаги) и редуценты** – это организмы, питающиеся детритом.

**Детрит** представляет собой мертвые останки растений и животных, а также продукты их жизнедеятельности (опавшие листья растений, моча и фекалии животных).

Организмы, питающиеся детритом, подразделяют на две подгруппы.

Первая из них превращает органическое вещество детрита в органическое вещество живого организма. Это детритофаги (сапрофаги от лат. *sapros* – мертвый, *fagos* – пожирающий). К ним относятся черви, личинки некоторых насекомых.

Вторая подгруппа организмов превращает органическое вещество детрита в минеральные соединения, восстанавливает вещество в исходное природное состояние. Поэтому их называют редуцентами (восстановителями). К таким организмам относятся определенные виды бактерий.

Следует помнить, что уничтожение одного из видов живых существ, входящих в экосистему, может привести к ее полному уничтожению или тяжелым экологическим последствиям.

## 1.2 Движение энергии в экосистеме

Все жизненные процессы живых организмов требуют затрат энергии.

В современной биосфере главным источником энергии служит солнечное излучение. В экосистемах происходит превращение солнечной энергии в энергию химических связей и перераспределение ее по трофическим цепям.

Трофическая (пищевая) цепь – это группы организмов, связанные между собой отношениями «пища–потребитель».

Первый этап использования и преобразования энергии в экосистемах – фотосинтез. Энергия солнечного излучения в процессе фотосинтеза преобразуется в энергию химических связей. Процесс накопления энергии в организме фотосинтетиков (растений) сопряжен с увеличением массы организма.

Часть энергии, накопленной в виде биомассы растений, расходуется на процессы их жизнедеятельности. Остальная часть биомассы растений может использоваться в качестве пищи консументами 1–го порядка.

Энергия, поглощенная консументами (гетеротрофами) 1–го порядка в виде биомассы растений, расходуется ими на процессы жизнедеятельности и накапливается в виде биомассы.

Энергия, накопленная в виде биомассы консументами 1–го порядка, может использоваться в качестве пищи консументами (гетеротрофами) 2–го порядка.

Таким же образом энергия расходуется консументами 3–го, 4–го порядка и т.д. на всех трофических уровнях.

В любой экосистеме растительноядные животные поедают растения, плотоядные поедают растительноядных, другие плотоядные – этих плотоядных и так далее через ряд звеньев, образующих в целом пищевую цепь. Каждое звено такой пищевой цепи соответствует одному трофическому уровню.

Трофический уровень – это совокупность организмов, объединенных одним типом питания:

1–й трофический уровень – продуценты;

2–й трофический уровень – консументы 1–го порядка;

3–й трофический уровень – консументы 2–го порядка и т.д.

В схеме пищевой цепи многое упрощено по сравнению с природой. Энергия, «включающаяся» в процессе роста и размножения в биомассу, т.е. в пищу следующего, более высокого трофического уровня, соответствует лишь небольшому проценту всей съеденной пищи.

В результате движения по трофическим уровням экосистемы количество энергии, доступной для потребления живыми организмами, прогрессивно падает по ходу повышения трофического уровня. Это связано с тем, что, во-первых, консументы не могут съедать пищи (т.е. потреблять энергии) больше, чем производят продуценты; во-вторых, часть поглощенной консументами энергии в виде биомассы расходуется на процессы жизнедеятельности, рассеивается в виде тепла и лишь часть накапливается в виде их биомассы.

### 1.3 Принципы функционирования экосистем

На основании изложенного материала о структуре и функционировании экосистем можно сформулировать основные принципы функционирования экосистем.

1-й принцип: получение ресурсов и избавление от отходов в рамках круговорота всех элементов экосистемы.

2-й принцип: экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой постоянно и избыточно.

3-й принцип: чем выше занимаемый популяцией трофический уровень, тем меньше биомасса популяции.

### 1.4 Экологические факторы

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

**Абиотические факторы** – вся совокупность факторов неорганической среды, влияющих на жизнь и распространение животных и растений. Они делятся на физические, химические и эдафические.

**Физические факторы** – это те, источником которых служит физическое состояние или явление (механическое, волновое и др.).

**Химические факторы** – это те, которые происходят от химического состава среды. Например, солёность воды.

**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. те, для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений.

**Биотические факторы** – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания.

Биотические факторы способны влиять на абиотическую среду, создавая микроклимат и микросреду. Все виды взаимодействий между группами можно подразделить на внутривидовые и межвидовые.

Внутривидовые взаимодействия складываются из группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции. Групповой и массовый эффект – объединение животных одного вида в группы по две и более особей, и эффект, вызванный перенаселением среды. Эти эффекты называются демографическими факторами.

#### **Межвидовые взаимоотношения**

1. Нейтрализм – оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга.

2. Конкуренция – каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие.

3. Мутуализм – виды не могут существовать друг без друга.

4. Протокооперация (содружество) – оба вида образуют сообщество, но могут существовать и раздельно. Например, микоризные грибы могут оплетать корень растения и проникать в ткани корня, не нанося ему при этом существенного ущерба. Неспособные к фотосинтезу грибы получают из корней растений органические вещества, а у растений за счет разветвленных грибных нитей в сотни раз увеличивается всасывающая поверхность корней.

5. Комменсализм – один вид, комменсал, извлекает пользу от сожительства, а другому виду эти отношения безразличны. (Взаимная терпимость). Пример: эпифитные лишайники на стволе дерева. Лишайники в этом случае используют отмирающие поверхностные ткани ствола и получают от дерева пользу, но не наносят ему ущерба. Или рыбы–клоуны держатся среди щупалец актиний и таким образом укрываются от врагов:

– нахлебничество – поедание остатков трапезы другого: рыбы прилипали и акулы, львы и гиены;

– квартирантство – проживание в жилищах и норах животных, не причиняя вреда (рыба горчак откладывает икру в двустворчатых моллюсках);

– сотрудничество – вместе поедают пищу, только разные ее части: зебры – верхушки трав, антилопы – верхние стебли, буйволы и слоны – средние и нижние стебли.

6. Аменсализм – один вид, аменсал, испытывает от другого угнетение роста и размножения. (Одному без разницы, другой угнетается). Пример: затенение деревом растущего под ним травянистого растения.

7. Паразитизм – паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызвать его гибель. Не сразу убивают, а постепенно, за длительное время, ухудшая состояние и снижая плодовитость. Это могут быть вирусы, бактерии, микроскопические грибы, простейшие, членистоногие, черви и т.д.

8. Хищничество – хищный вид питается своей жертвой.

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

**Антропогенные факторы** – факторы, порождённые человеком и воздействующие на окружающую среду.

## 1.5 Антропогенное воздействие на экосистемы

Антропогенные воздействия на экосистемы делятся на пять видов.

1. Загрязнения – внесение в среду загрязнителей (поллютантов) – веществ, организмов, энергий или превышение естественного уровня этих агентов.
2. Техногенные преобразования и разрушение природных систем и ландшафтов в процессе строительства, добычи полезных ископаемых, военных действий и т.д.
3. Исчерпание природных ресурсов.
4. Глобальные климатические изменения в связи с деятельностью человека.
5. Эстетические воздействия – изменения природных форм, неблагоприятные для человеческого восприятия.

## 1.6 Законы реакции живых организмов на действие экологических факторов

### Первый закон

Для каждого вида живых организмов существуют оптимум, стрессовые зоны и пределы устойчивости в отношении каждого экологического фактора.

*Оптимум* – это то значение экологического фактора (например, температуры воздуха), при котором наблюдается максимальный рост и размножение данного вида организмов.

Как правило, максимальный рост и размножение организмов отмечаются не при единственном значении экологического фактора, а при определенном диапазоне его значений. Этот диапазон называют *зоной оптимума*.

Весь интервал значений экологического фактора, от минимального до максимального, при котором еще возможны рост и размножение организмов, называют *диапазоном устойчивости*.

Точки, ограничивающие диапазон устойчивости, т.е. максимальное и минимальное значения экологического фактора, при которых еще возможны рост и размножение организмов, – это *пределы устойчивости*.

По мере приближения к пределам устойчивости организмы испытывают все нарастающий стресс. Зоны устойчивости, приближающиеся к пределам устойчивости, называют *стрессовыми зонами*.

### Второй закон

Даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма, а за пределами зоны устойчивости – к его гибели.

Фактор, вызывающий стрессовое состояние или гибель организма, называется лимитирующим (ограничивающим), поэтому второй закон реакции организмов на экологические факторы называют **законом лимитирующих факторов**.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение экологии как науки.
2. Дайте определение экологической системы.
3. Что входит в состав экосистем?
4. Что представляют собой неживые факторы экосистем?
5. Как называется совокупность живых организмов экосистем?
6. Перечислите основные категории живых организмов (биоты) экосистем.
7. В чем состоит характерная особенность продуцентов, их отличие от других категорий организмов?
8. Укажите общий признак, объединяющий детритофагов и редуцентов.
9. В чем отличие детритофагов от редуцентов?
10. Сформулируйте принципы функционирования экосистем.
11. Дайте определения понятия экологических факторов.
12. Перечислите основные виды экологических факторов.
13. Перечислите основные виды антропогенного воздействия на экосистемы.

## **2 Атмосфера – естественная и техногенная среда обитания**

### **2.1 Характеристика атмосферы**

**Атмосфера** – газовая оболочка Земли, вращающаяся с ней как единое целое.

**Химический состав атмосферы** включает в себя:

- постоянные компоненты,
- примеси природного происхождения,
- примеси антропогенного происхождения (загрязнители).

**Основными постоянными компонентами** атмосферного воздуха являются:

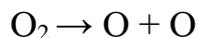
- азот – 78,09 % (по объему),
- кислород – 20,95 %,
- углекислый газ – 0,03 %.

К другим постоянным компонентам атмосферы относятся инертные газы – аргон, гелий, неон, криптон, водород, ксенон, радон.

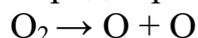
Наиболее часто встречающимися примесями атмосферного воздуха **природного происхождения** служат: водяной пар, озон, перекись водорода, йод, аммиак, метан, сероводород.

Водяной пар поступает в воздух в результате испарения воды с поверхности водоемов и почвы.

Озон образуется под влиянием грозových разрядов и ультрафиолетового излучения. Молекула кислорода распадается на атомы, которые, присоединяясь к недиссоциированным молекулам кислорода, образуют трехатомную молекулу озона.



Перекись водорода, так же, как и озон, образуется вследствие диссоциации молекул кислорода под действием ультрафиолетового излучения и электрических разрядов. Но при этом атомы кислорода присоединяются к молекулам воды.



Йод попадает в атмосферу с мельчайшими капельками морской воды.

Метан, аммиак, сероводород выделяются при анаэробном разложении (гниении) органических соединений.

Характеристика *примесей* атмосферного воздуха *антропогенного происхождения (загрязнителей)* будет дана ниже.

**Атмосфера имеет слоистую структуру.**

Самый близкий к поверхности слой носит название *тропосфера*. Этот слой имеет наибольшее значение для всего живого на Земле. Тропосфера содержит в наибольшем количестве азот ( $\text{N}_2$ ), кислород ( $\text{O}_2$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), имеющие важное значение для жизнедеятельности живых организмов.

Следующий за тропосферой слой называется *стратосферой*. Процентное соотношение основных газов в стратосфере практически такое же, как в тропосфере, но воздух сильно разрежен, т.е. абсолютное количество и парциальное давление газов очень низкое. Водяного пара в стратосфере даже в процентном соотношении намного меньше, чем в тропосфере. Зато здесь за счет более интенсивного солнечного излучения значительно больше озона, экологическая роль которого состоит в защите живых организмов Земли от жесткого коротковолнового ультрафиолетового излучения.

За стратосферой находится *мезосфера* с очень низкой (до  $-70^\circ\text{C}$ ) температурой, и за ней – *термосфера*, где температура достигает  $+1600^\circ\text{C}$ . В мезосфере и термосфере воздух разрежен еще более значительно, чем в стратосфере. Их пространство в основном заполнено заряженными частицами: ионизированными атомами и электронами. По этому признаку мезосферу и термосферу объединяют в единый слой, который называют *ионосферой*. Ионосфера отражает и поглощает радиоволны низких частот, а также предохраняет биосферу Земли от вредного воздействия космической радиации.

Наружная оболочка атмосферы – *экзосфера*. Она представлена очень сильно разреженным газом, в состав которого входят гелий и водород в основном в атомном состоянии.

## Экологические функции атмосферы

Экологические функции атмосферы определяются ее химическим составом и физическими свойствами.

**Трофическая** функция атмосферы обусловлена присутствием в ней азота, как исходного компонента синтеза белка аутотрофами, и углекислого газа, как исходного компонента синтеза углеводов.

**Энергетическая** функция атмосферы связана с наличием в ней кислорода. В процессе окисления органических веществ кислородом происходит их постепенное превращение в более простые соединения с высвобождением энергии.

**Защитная** функция атмосферы состоит в предотвращении губительного действия на живые организмы жесткого коротковолнового ультрафиолетового излучения за счет присутствия главным образом в стратосфере озона, а также низкочастотных радиоволн и космического излучения за счет экранирующего эффекта заряженных частиц ионосферы.

## 2.2 Антропогенное воздействие на атмосферу

Антропогенное воздействие на атмосферу может проявляться в различных видах.

**Первым** из них можно указать **нарушение газового баланса**.

Нарушение баланса **азота** атмосферы происходит, с одной стороны, за счет промышленного производства азотных удобрений, азотной кислоты и ее солей при использовании в качестве исходного компонента атмосферного азота, с другой стороны – вследствие поступления в атмосферу оксидов азота, образующихся в процессе сжигания топлива в топливно-энергетических установках и двигателях внутреннего сгорания, а также в ходе разложения азотсодержащих минеральных удобрений.

Сокращение запасов **кислорода** в атмосфере и, наоборот, увеличение содержания **углекислого газа** связано с несколькими причинами:

- сокращение зеленого покрова на Земле;
- уменьшение поступления кислорода от морских зеленых водорослей в связи с загрязнением Мирового океана;
- нарастающее потребление кислорода и выброс углекислого газа промышленностью и транспортом.

Снижение концентрации **озона** в верхних слоях атмосферы происходит вследствие его разрушения фреонами, используемыми в качестве репеллентов в аэрозольных баллонах, в холодильной технике, в бытовых и промышленных кондиционерах как хладагенты, а также оксидами азота.

**Вторым** видом антропогенных воздействий на атмосферу является **изменение климата**, обусловленное следующими факторами:

выброс углекислого и других газов, поглощающих инфракрасное излучение;

изменение в характере поверхности суши и, следовательно, ее отражательной способности;

рост концентрации аэрозолей в атмосфере;

разрушение озонового экрана;

выбросы тепловых отходов.

**Третьим** видом антропогенного воздействия на атмосферу являются **загрязнения**. Данный вид антропогенного воздействия заслуживает наибольшего внимания, поскольку указанные первые два вида воздействия в значительной степени обусловлены именно загрязнениями.

К основным видам загрязнений атмосферы можно отнести механическое, химическое, биологическое.

**Механическое загрязнение** атмосферы обусловлено поступлением в нее взвешенных веществ – пыли и дыма, различающихся величиной частиц. Дым представлен взвешенными веществами с размером частиц менее 1 мкм. Частицы взвешенных веществ с размерами более 1 мкм образуют пыль.

К основным источникам поступления взвешенных веществ в атмосферу можно отнести энергетические установки, отдельные виды промышленных предприятий, транспорт.

**Энергетические установки** выбрасывают в атмосферу взвешенные вещества в процессе сжигания топлива: пыль в виде золы при горении угля, дым – при использовании мазута.

Отдельные виды **промышленных предприятий** служат источниками поступления в атмосферу взвешенных веществ за счет сжигания топлива (металлургические) либо за счет разрушения твердых материалов в процессе их обработки (машиностроение), измельчения (производство стройматериалов – цемента).

**Транспорт** служит источником дыма за счет сжигания бензина, керосина, дизтоплива в двигателях и пыли за счет разрушения дорог, истирания автопокрышек.

Присутствие взвешенных веществ в атмосфере в значительных концентрациях оказывает негативное влияние на условия обитания живых организмов, в том числе человека, в районе запыления или задымления.

**Во-первых**, запыление влияет на прозрачность атмосферы, ухудшает естественное освещение, снижает ультрафиолетовую радиацию, способствует туманообразованию за счет конденсации паров воды на взвешенных частицах.

**Во-вторых**, пыль, закупоривая поры листьев растений, затрудняет образование хлорофилла, что влияет на баланс газов в атмосфере, урожайность сельскохозяйственных культур.

**В-третьих**, взвешенные вещества могут содержать компоненты, оказывающие токсическое действие (свинец), аллергическое (урсол, белок), раздражающее (сода, табак), канцерогенное (3,4 – бенз(а)пирен).

**В-четвертых**, загрязнение воздуха взвешенными веществами оказывает неблагоприятное эстетическое воздействие.

**Химическое загрязнение** атмосферы связано с поступлением в нее химических веществ в составе газов, паров, твердых аэрозолей конденсации.

Наиболее распространенными служат соединения серы, азота, углерода.

**Соединения серы** в атмосферном воздухе встречаются, главным образом, в виде оксидов серы и сероводорода.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха **оксидами серы** являются:

энергетические установки (за счет сжигания топлива, содержащего соединения серы, угля, мазута);

предприятия цветной и черной металлургии (за счет присутствия серосодержащих соединений в руде);

предприятия химической промышленности (особенно предприятия по производству серной кислоты, а также предприятия, использующие серную кислоту в качестве реагента);

нефтеперерабатывающие предприятия (за счет окисления серы, содержащейся в нефти).

Основными источниками поступления **сероводорода** в атмосферный воздух являются предприятия по добыче и переработке нефти и предприятия вискозной промышленности.

**Соединения азота** в атмосферном воздухе представлены, главным образом, оксидами азота.

Ведущими источниками загрязнения атмосферного воздуха оксидами азота являются предприятия химической промышленности и транспорт.

Из предприятий химической промышленности основное значение, как источники выбросов оксидов азота в атмосферу, имеют предприятия по производству серной кислоты, где они используются в качестве катализатора, а также предприятия по производству азотных минеральных удобрений.

В процессе работы двигателей автотранспорта оксиды азота образуются и поступают в воздух вследствие окисления азота, содержащегося в горючем, как продукте переработки нефти.

**Неорганические соединения углерода**, как загрязнители атмосферного воздуха, представлены, главным образом, оксидом углерода.

**Оксид углерода** – продукт неполного сгорания топлива. В атмосферный воздух его выделяют:

- энергетические установки;
- предприятия черной металлургии;
- нефтеперерабатывающие заводы;
- транспорт.

**Органические соединения углерода**, поступающие в атмосферу, представлены, главным образом, углеводородами: парафинами, олефинами, этиленом, бензолом, бензапиренами (в том числе 3,4 –бензапиреном).

Основными источниками поступления углеводородов в атмосферный воздух служат:

- предприятия,

- нефтеперерабатывающие транспорт.

Кроме перечисленных соединений, достаточно широко распространенными загрязнителями атмосферы служат **соединения тяжелых металлов**: ртути, кадмия, таллия, мышьяка, свинца, цинка, хрома и др., поступающие в атмосферу с выбросами металлургических, электроламповых заводов, теплоэлектростанций.

Основным неблагоприятным эффектом всех химических загрязнителей атмосферы является токсическое действие на живые организмы.

Во-вторых, вызываемое химическими загрязнителями атмосферы нарушение жизнедеятельности растений приводит к нарушению баланса газов в атмосфере.

В-третьих, некоторые химические загрязнители воздуха (углекислый газ, закись азота, метан, аммиак) относятся к так называемым парниковым газам, задерживающим длинноволновое тепловое излучение самой поверхности Земли и способствующим изменению климата.

В-четвертых, отдельные химические загрязнители (фреоны и оксиды азота) способствуют разрушению озонового слоя, снижая защитную функцию атмосферы.

В-пятых, химические вещества, загрязняющие атмосферу, оседая или выпадая с осадками на поверхность почвы или воды, нарушают нормальное течение процессов их самоочищения.

**Биологическое загрязнение** атмосферы может быть представлено двумя видами: микробиологическим и биохимическим.

**Микробиологическое загрязнение** атмосферы обусловлено присутствием в ней микроорганизмов. Основным источником загрязнения воздуха микроорганизмами является почва. Из почвы в атмосферу обычно поступают сапрофиты, т.е. непатогенные микроорганизмы.

**Биохимическое загрязнение** атмосферы продуктами жизнедеятельности животных (продуктами разложения мочи и фекалий) обычно наблюдается в зоне влияния животноводческих комплексов, птицефабрик, мясокомбинатов.

Загрязнение воздуха **продуктами микробиологического синтеза** может происходить в районе размещения предприятий по микробиологическому синтезу белка.

## 2.3 Самоочищение атмосферного воздуха

Загрязненный атмосферный воздух способен в большей или меньшей степени освободиться от взвешенных веществ, паров, газов, микроорганизмов.

Этот процесс самоочищения воздуха определяется несколькими факторами:

- разбавление загрязнителей за счет движения воздуха (ветра);
- выпадение взвешенных веществ, обладающих достаточными размерами и массой, на поверхность земли или воды;

- химические процессы превращения химических загрязнителей в менее опасные соединения (например, сернистый газ, медленно окисляясь и взаимодействуя с парами воды, превращается в серную кислоту, которая может нейтрализоваться аммиаком или щелочной пылью, содержащимися в воздухе);
- вымывание из воздуха взвешенных веществ, растворение газообразных веществ осадками;
- механическая задержка пыли и поглощение некоторых газов зелеными растениями (например, они забирают из воздуха сернистый газ и накапливают его в своих тканях в виде сульфатов).

В настоящее время в системе экологических нормативов РФ выделяют следующие основные их категории:

- нормативы качества окружающей среды;
- нормативы допустимого воздействия на окружающую среду;
- нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды;
- технологические нормативы и технические нормативы.

## **2.4 Методы очистки выбросов промышленных предприятий в атмосферу**

Все существующие методы очистки выбросов промышленных предприятий в атмосферу от **взвешенных веществ** можно разделить на четыре основные группы:

- 1) механическая (сухая) очистка;
- 2) мокрая очистка;
- 3) фильтрация;
- 4) электрическое осаждение.

Технологические устройства, применяемые для **механической (сухой) очистки** выбросов:

а) аппараты, действующие на основе силы тяжести (пылеотстойные камеры); осаждение взвешенных частиц в них происходит под влиянием силы тяжести и замедления скорости движения несущей среды;

б) аппараты, действующие на основе силы инерции (инерционные пылеуловители); их действие основано на том, что при внезапном изменении направления движения воздуха частички взвешенных веществ, продолжая двигаться вперед в силу инерции, отделяются от дисперсной среды;

в) аппараты, действующие на основе центробежной силы (циклоны); запыленный воздух подается в циклон, представляющий собой цилиндр с коническим дном, таким образом, что он приобретает в циклоне вращательное движение, опускаясь по спирали вниз, и уходит на выброс; в результате развития центробежной силы при вращении воздушного потока частицы взвешенных веществ отбрасываются к стенкам циклона и, потеряв от удара о стенки свою скорость, скользят вниз и падают в расположенный под циклоном бункер.

Технологические устройства **мокрой очистки** выбросов:

а) статические газопромыватели (скрубберы), представляющие собой пустотелую башню, внутри которой разбрызгивается вода; воздух входит снизу и поднимается вверх навстречу водяному дождю, увлекаемые водяными каплями взвешенные вещества попадают в чашу с водой;

б) динамические газопромыватели, представляющие собой аппарат, в котором выделение пыли осуществляется за счет центробежной силы, создаваемой вращающимся ротором; для повышения эффективности очистки в выбрасываемый газ предварительно вводят распыленную воду;

в) газоочистители со смоченными поверхностями, представляющие собой циклон с водяной пленкой; эффективность этого аппарата выше эффективности циклона, используемого для очистки выбросов механическим (сухим) способом, поскольку пылевые частицы фиксируются пленкой воды, стекающей по стенкам циклона, и уже не могут вновь переходить во взвешенное состояние.

Очистка выбросов от взвешенных веществ методом **фильтрации** через пористые материалы осуществляется в рукавных (мешочных) фильтрах, которые состоят из ряда матерчатых рукавов (мешков), подвешенных внутри камеры. Подлежащий очистке газ поступает внутрь матерчатых рукавов, оставляет на внутренней поверхности свою пыль и, проникнув через поры материала, выводится из камеры наружу.

Наиболее эффективным сооружением для улавливания взвешенных веществ являются **электрофильтры**. Принцип их работы заключается в следующем. На стенки камеры от источника постоянного тока подается положительный электрический заряд. На проволоку, подвешенную в центре камеры, подается отрицательный заряд. Создающаяся разница потенциалов вызывает ионизацию проходящего через камеру загрязненного воздуха. Пылевые частицы приобретают отрицательный заряд и устремляются к положительно заряженным стенкам камеры. Камера снабжена специальным устройством для периодического встряхивания, во время которого накопившиеся на стенках камеры взвешенные вещества проваливаются в бункер.

Очистка выбросов промышленных предприятий от **газообразных веществ** осуществляется физическими, физико-химическими и химическими методами.

**Физические методы** очистки выбросов промышленных предприятий от газообразных веществ заключаются в охлаждении или сжатии выбрасываемых газов. При этом удаляемая примесь превращается в жидкость и очень легко отделяется от воздуха.

Примером использования такой технологии очистки промышленных выбросов является выделение смол из коксового газа путем его охлаждения.

**Физико-химические методы** очистки промышленных выбросов от газообразных веществ основаны на растворении газа в какой-либо жидкости или сорбции его пористым материалом.

Примером использования указанных технологий очистки промышленных выбросов служит извлечение сероводорода из отходящих газов путем растворения его в этанолаmine, а также извлечение бензина путем сорбции его активированным углем.

**Химические методы** очистки выбросов промышленных предприятий от газообразных веществ основаны на химическом связывании этих веществ как-либо реагентом.

Примерами использования этих методов очистки являются связывание сернистого газа водными растворами щелочей, связывание хлора известковым молоком.

К химическим методам относятся также очистки, при которых нежелательная примесь сначала переводится в другое химическое соединение применением высокой температуры или катализаторов, а затем уже выделяется из газа. Описанные методы носят название **деструктивных**. К деструктивным методам относится также обезвреживание органических газов и паров сжиганием.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите основные постоянные компоненты атмосферного воздуха.
2. Перечислите экологические функции атмосферы.
3. Перечислите основные виды антропогенного воздействия на атмосферу.
4. Укажите причины и проявления нарушения газового баланса атмосферы как одного из видов антропогенного воздействия на нее.
5. Перечислите основные причины изменения климата как одного из видов антропогенного воздействия на атмосферу.
6. Что представляет собой механическое загрязнение атмосферы?
7. Перечислите основные источники загрязнения атмосферы взвешенными веществами.
8. В чем состоит влияние механического загрязнения атмосферы на условия обитания человека и других живых организмов?
9. Что представляет собой биологическое загрязнение атмосферы?
10. Перечислите факторы самоочищения атмосферного воздуха.
11. Перечислите методы очистки выбросов промышленных предприятий в атмосферу от взвешенных веществ.
12. Перечислите методы очистки выбросов промышленных предприятий в атмосферу от газообразных веществ.

## **3 Гидросфера – естественная и техногенная среда обитания**

### **3.1 Характеристика гидросферы**

**Гидросфера** – прерывистая водная оболочка Земли. Она выступает как самостоятельная среда жизни и, в то же время, пронизывает другие сферы (атмосферу, литосферу) и живые организмы.

Экологические функции воды обусловлены ее уникальными физическими свойствами.

**Первая** функция воды – это функция обеспечения жизни организмов. Без воды невозможно существование растительного и животного мира, поскольку вода входит в состав клеток и тканей любого организма. Являясь уникальным растворителем, вода в живом организме выполняет роль транспортной среды. Превращение веществ с высвобождением энергии возможно только в водной среде клеток и тканей организма.

**Второй** важнейшей функцией воды является ее участие в процессах теплообмена живых организмов. Способность воды поглощать тепло при испарении позволяет предотвратить перегревание живых организмов за счет ее транспирации растениями и процесса потоотделения у животных.

**Третья** функция гидросферы – функция (роль) жизненной среды для водных организмов и среды размножения – для земноводных.

**Четвертая** функция гидросферы – почвообразующая. Способность воды к расширению при замерзании (в отличие от других веществ) позволяет ей разрушать горные породы, давая начало процессу почвообразования.

**Пятая** функция гидросферы – климатообразующая. Она обусловлена высокой теплоемкостью воды. Поглощение и аккумуляция водой тепла при высокой температуре воздуха, и отдача этого накопленного тепла при похолодании приводит к снижению годовых и суточных колебаний температуры воздуха. Там, где воды мало, такие перепады всегда велики (Сибирь, пустыни).

Для человека вода является не только **биологическим**, но и **социальным фактором**, также необходима для выращивания многих сельскохозяйственных культур, является неотъемлемым элементом практически всех технологических процессов производства, позволяет получать энергию за счет работы гидроэлектростанций, обеспечивает условия движения водного транспорта.

### 3.2 Антропогенное воздействие на гидросферу

Антропогенное воздействие на гидросферу связано с использованием человеком воды на хозяйственно–бытовые, промышленные, сельскохозяйственные нужды, а также для судоходства. Результатом использования воды на данные цели являются две основные проблемы гидросферы:

- проблема исчерпания (количественного истощения) вод;
- проблема загрязнения (качественного истощения) вод.

Основными видами загрязнений гидросферы являются механическое, химическое, биологическое и физическое.

**Механическое загрязнение** гидросферы обусловлено присутствием взвешенных веществ – не растворяющихся в воде частиц почвы, горных пород или других компонентов, поступающих в нее за счет эрозии почв, строительных работ, добычи полезных ископаемых, сброса бытовых и промышленных сточных вод.

Взвешенные вещества обуславливают мутность воды, тормозят фотосинтез водорослей, загрязняют жабры рыб и фильтры моллюсков, вызывают заиливание водоемов и водотоков.

**Химические загрязнения** гидросферы могут быть представлены в основном неорганическими и органическими веществами.

**Неорганические химические вещества** поступают в воду водоемов в основном со сточными водами промышленных предприятий, а также со стоками с сельскохозяйственных полей при применении на них минеральных удобрений.

Значительная часть неорганических соединений проявляет токсические свойства, вызывая нарушение жизнедеятельности и даже гибель водных растений и животных. К таким веществам относятся соединения многих металлов, галогены, кислоты, щелочи.

**Органические химические вещества** поступают в воду водоемов со сточными водами промышленных предприятий, водного транспорта, сельскохозяйственных объектов, с хозяйственно–бытовыми сточными водами.

Значительная часть органических химических веществ обладает токсическими свойствами. Это нефть, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, пестициды, диоксины.

**Биологические загрязнения** гидросферы представлены различными видами болезнетворных агентов: бактериями, вирусами, простейшими, яйцами гельминтов. Они поступают в водоемы с хозяйственно–бытовыми сточными водами, со сточными водами животноводческих комплексов, с ливневыми стоками, с тальми и паводковыми водами.

**Физическое загрязнение** гидросферы проявляется в виде теплового и радиационного загрязнения.

**Тепловое загрязнение** водоемов развивается в результате слива в них большого количества воды высокой температуры, как правило, после охлаждения оборудования теплоэлектростанций.

Высокая температура воды водоемов приводит к снижению уровня растворенного кислорода, повышению чувствительности гидробионтов к действию токсических веществ и биологических болезнетворных агентов.

**Радиационное загрязнение** водоемов происходит за счет поступления в них радиоактивных веществ (радионуклидов) со сточными водами отдельных промышленных предприятий, а также вследствие захоронения радиоактивных отходов в воду и при аварийных ситуациях на атомных судах.

Радионуклиды могут быть растворимыми и нерастворимыми. Нерастворимые радионуклиды, находясь во взвешенном состоянии или в донных отложениях, могут вызывать внешнее облучение гидробионтов. Растворимые радионуклиды усваиваются гидробионтами и вызывают их внутреннее облучение. И в

том и другом случае в хромосомном аппарате водных организмов возникают мутационные изменения, которые могут проявляться непосредственными фенотипическими нарушениями или накапливаться, приводя к нарушению генофонда вида.

Главными источниками загрязнения гидросферы являются сточные воды, которые в зависимости от происхождения и характера содержащихся в них загрязнителей разделяются на несколько видов.

**1. Хозяйственно-бытовые сточные воды** – это воды, которые образуются в результате использования населением водопроводной воды для бытовых и хозяйственных целей и поступления ее в канализационные системы.

В состав хозяйственно-бытовых сточных вод входят:

- минеральные вещества, в том числе, хлориды, сульфаты;
- органические вещества растительного происхождения, в основном, в виде соединений углерода;
- органические вещества животного происхождения, в основном, в виде соединений азота;
- поверхностно-активные вещества;
- нерастворимые и коллоидные примеси;
- биологические агенты (бактерии, вирусы, грибы, простейшие, яйца гельминтов).

**2. Поверхностный сток** формируется за счет дождевых, талых, поливочных вод.

С поверхностным стоком в водоемы могут поступать взвешенные вещества, нефтепродукты, биологические агенты.

**3. Промышленные сточные воды** – это воды, которые образуются в результате производственной деятельности человека.

В состав промышленных сточных вод, как правило, входят:

- **производственные сточные воды** – воды, используемые в производственном процессе или сопутствующие ему;
- **бытовые сточные воды** – стоки санитарных узлов, пищеблоков, душевых установок предприятия;
- **атмосферные стоки** – дождевые, талые воды, воды после полива территории предприятия.

Состав производственных сточных вод специфичен для определенного промышленного предприятия.

Состав атмосферных стоков с территории предприятия, как правило, также в значительной степени специфичен.

Состав бытовых сточных вод различных промышленных предприятий практически одинаков и сходен с составом хозяйственно-бытовых сточных вод.

**4. Сельскохозяйственные стоки** формируются в основном за счет стоков от животноводческих комплексов и поверхностного стока с полей.

Стоки от животноводческих комплексов содержат значительное количество взвешенных веществ; большое количество микроорганизмов, среди кото-

рых могут быть и патогенные. Из растворимых компонентов сточных вод животноводческих комплексов наибольшее значение, как загрязнители гидросферы, имеют неорганические и, главным образом, органические соединения азота.

Поверхностный сток с полей загрязняет гидросферу взвешенными веществами, а также веществами, применяемыми в качестве удобрений и средств защиты растений.

**5. Сточные воды водного транспорта** представлены:

- хозяйственно–бытовыми сточными водами, характеризующимися загрязнением органическими и взвешенными веществами;
- водами машинных отделений, содержащими нефтепродукты.

Водный транспорт представляет опасность с точки зрения возможности загрязнения гидросферы не только за счет сточных вод, но и за счет утечек транспортируемых жидких веществ через палубу, корпус, продуктопроводы судна при их неисправности.

### 3.3 Самоочищение гидросферы

Водные ресурсы обладают способностью к возобновлению и самоочищению.

**Возобновление водных ресурсов** осуществляется в процессе круговорота воды.

**Самоочищение воды** в значительной степени связано с круговоротом веществ.

**Факторы самоочищения** воды водоемов многочисленны и разнообразны. Условно их можно разделить на четыре группы: механические, физические, химические и биологические.

Среди **механических факторов**, обуславливающих самоочищение водоемов, первостепенное значение имеют разбавление и перемешивание поступающих загрязнений.

Интенсивное течение реки обеспечивает хорошее перемешивание и снижение концентрации загрязнителей. В стоячих водоемах снижение концентрации взвешенных веществ и микроорганизмов происходит главным образом за счет их оседания на дно.

Основным **физическим фактором** самоочищения водоемов является ультрафиолетовое излучение Солнца. Под влиянием этого излучения происходит обеззараживание воды. Кроме того, ультрафиолетовое излучение способствует протеканию некоторых химических процессов, в результате которых происходит превращение высокотоксичных веществ в менее токсичные.

Из **химических факторов** самоочищения воды водоемов основное значение имеет окисление органических и неорганических веществ. Основным окислителем при этом является кислород. Поэтому процессы самоочищения воды лучше протекают в хорошо аэрируемых водоемах. Химическим фактором самоочищения водоема служит также наличие некоторых солей (NaCl), галогенов (йод, хлор), определенная рН воды.

**Биологические факторы** самоочищения воды водоемов представлены гидробионтами. Из числа всех гидробионтов наибольшую роль в самоочищении воды играет собственная микрофлора воды водоема, вызывающая постепенное отмирание привнесенных, в том числе патогенных, микроорганизмов за счет антагонистических взаимоотношений.

Биологические факторы имеют определенное значение в самоочищении водоемов и от некоторых химических загрязнителей. В частности, в морской воде обнаружены нефтеокисляющие микроорганизмы, использующие нефть и нефтепродукты как единственный источник углерода и энергии. Микроорганизмы этой группы могут быть использованы для целенаправленной борьбы с загрязнением водоемов нефтью, а также в качестве индикаторов этого загрязнения в море.

### **3.4 Методы очистки сточных вод промышленных предприятий**

Очистка сточных вод промышленных предприятий перед спуском в водоёмы осуществляется за счёт использования различных технологий с учётом содержащихся в них загрязнителей гидросферы.

**Охлаждение** сточных вод производится на тех объектах, где происходит нагрев технической воды при использовании её для охлаждения и предохранения от прогорания установок, в которых технологический процесс протекает при высоких температурах (домны, конденсаторы паросиловых установок, компрессоры, двигатели трансформаторов).

Процесс охлаждения в этих случаях производится обычно в цикле **оборотного водоснабжения**. При **прямоточном водоснабжении** нагретая вода до сброса в водоём может быть охлаждена в процессе обогрева других установок или за счёт искусственного удлинения пути сброса и охлаждения в прудах или зарегулированных балках.

**Удаление взвешенных веществ** производится при очистке многих промышленных сточных вод. Основным технологическим приёмом очистки сточных вод от взвешенных веществ является отстаивание, осуществляемое в отстойниках различной конструкции. Этот способ очистки сточных вод имеет самостоятельное значение при освобождении стоков от минеральной взвеси. Органические взвешенные вещества присутствуют в сточных водах всегда вместе с растворёнными, что само по себе уже не позволяет ограничиться механическими приёмами очистки.

**Устранение загрязнения сточных вод органическими веществами** достигается применением биологической очистки с использованием микроорганизмов в качестве организмов–редуцентов. Основные технологические приёмы биологической очистки производственных сточных вод связаны с использованием биологических фильтров, аэротенков, биологических прудов.

Очистка сточных вод от смол и масел производится в отстойниках где тяжёлые фракции оседают на дно, а лёгкие – всплывают и перепускаются в масло-сборник.

Задержание нефти как специальный приём очистки применяется для сточных вод нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих заводов. Для этой цели служат нефтеловушки, где ток сточной жидкости замедляется, нефть всплывает на поверхность, задерживается в конце ловушки полузатопленной перегородкой и удаляется поворотными нефтесборными трубами. При хорошей эксплуатации в ловушках задерживается до 98–99% нефтепродуктов, после чего концентрация их в сточных водах составляет от 50–250 мг/л. Вместе с тем предельно допустимое содержание нефти в водоёме нормируется в столь малых величинах (0,1–0,3 мг/л), что после ловушек перед спуском сточных вод в водоёмы необходима их доочистка.

**Доочистка сточных вод**, содержащих нефтепродукты, осуществляется в отстойных прудах, где в процессе двухсуточного отстаивания часть нефтепродуктов дополнительно всплывает на поверхность, часть разлагается в процессе биохимических реакций.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите экологические функции гидросферы.
2. Укажите возможные причины территориального количественного истощения вод.
3. Что понимают под механическим загрязнением гидросферы?
4. Укажите основные источники поступления неорганических химических веществ, как загрязнителей воды, в водоемы.
5. Укажите основные источники поступления органических химических веществ, как загрязнителей воды, в водоемы.
6. Укажите основные источники поступления биологических загрязнений в воду водоемов.
7. Укажите основные источники теплового загрязнения водоемов. Каковы возможные последствия теплового загрязнения водоемов?
8. Укажите возможные причины и неблагоприятные последствия радиационного загрязнения водоемов.
9. Охарактеризуйте самоочищение гидросферы.
10. Перечислите меры борьбы с загрязнением водоемов.

## **4 Литосфера, почва – естественная и техногенная среда обитания**

### **4.1 Характеристика почвы**

Разрушение горных пород, происходящее под действием солнца, воды, ветра, является начальным этапом формирования почвы. На частицах разрушившейся горной породы (молодой почвы) поселяются микроорганизмы, лишайники, мхи, а затем травы и мелкие животные. Постепенно внедряются другие виды растений и животных. В результате формируется зрелая почва.

**Зрелая почва** – это верхний рыхлый слой литосферы, в котором взаимодействуют следующие основные компоненты:

- материнская порода, представленная минеральными частицами (песок, глина);
- вода;
- воздух;
- детрит;
- живые организмы, разлагающие детрит с образованием гумуса.

Почва, как один из элементов среды обитания живых организмов экосистем, выполняет целый ряд экологических функций.

**Во-первых**, почва играет роль жизненной среды для многих видов живых организмов.

**Во-вторых**, почва выступает как фактор плодородия. Плодородие почвы обеспечивается концентрацией в ней элементов, необходимых для питания растений; наличием влаги; физическими свойствами почвы, позволяющими ей служить средой укоренения растений.

**В-третьих**, почва – это важнейшее звено круговорота веществ. Именно в почве, поглощением из нее минеральных элементов и влаги начинается биологический круговорот. Здесь же, за счет деятельности организмов – редуцентов, этот круговорот и замыкается.

**В-четвертых**, являясь приемником атмосферных осадков, почва участвует в формировании гидрологического режима суши, в значительной степени определяет баланс пресных вод.

Для человека почва и литосфера выполняют не только биологическую, но и социальную функцию. Из недр Земли человек добывает полезные ископаемые. В строительстве земля является элементом технологического процесса для возведения населенных пунктов, коммуникаций, трубопроводов, дорог и т.д. В промышленности земля – это место размещения промышленных предприятий. Плодородие почвы используется для выращивания многочисленных сельскохозяйственных культур, используемых не только в питании, но и в качестве сырья для производства промышленных товаров.

## 4.2 Антропогенное воздействие на литосферу

Антропогенное воздействие на литосферу может иметь разнообразные проявления:

- истощение природных ресурсов;

- геологические процессы, инициированные антропогенным воздействием;
- эрозия почв;
- истощение почв;
- отчуждение почв;
- запечатывание почв;
- физическая деградация почв;
- загрязнение почв.

### **Истощение природных ресурсов**

Данный вид антропогенного воздействия на литосферу возникает при разработке природных ресурсов без учета возможностей их воспроизводства.

Основной мерой предупреждения истощения природных ресурсов является соблюдение нормативов их допустимого изъятия при разработке.

### **Геологические процессы, инициированные антропогенным воздействием**

К одному из таких явлений относится деформация поверхности земли. В верхней части земной коры уже давно осуществляется подземное строительство, связанное с добычей полезных ископаемых, сооружением тоннелей, метрополитенов и т.д. В результате этого под землей создаются крупные пустоты. Участки с содержанием таких пустот называют подрабатываемыми территориями. Над такими участками могут образовываться провалы или прогибы поверхности земли.

Карст – это естественное геологическое явление, связанное с растворением водой горных пород (известняка, доломита, гипса, каменной соли), образованием вследствие этого подземных пустот (пещер, каверн и т.д.) и появлением провалов земной поверхности. Строительные работы в закарстованных массивах горных пород вызывают оживление карстовых процессов и усугубляют последствия этого природного явления.

К геологическим последствиям антропогенного влияния на литосферу относятся также оползни – скольжение земляных масс вниз по склону под действием собственного веса грунта. Очень часто оползни являются следствием различных строительных работ, производимых на склонах. Они приводят к нарушению устойчивости массивов горных пород, поверхностного стока, почвенного покрова, гибели деревьев и т.д.

### **Эрозия почв**

Под эрозией почв понимают их разрушение в результате действия воды или ветра. Эрозия почв приводит к снижению или нарушению их плодородия.

**Ветровая эрозия почв** создается движущимися потоками воздуха. Интенсивность этого вида эрозии находится в прямой зависимости от скорости ветра и его продолжительности, степени открытости пространства и состояния самих почв. При прочих равных условиях эрозия проявляется сильнее на песчаных и супесчаных почвах, характеризующихся слабой устойчивостью к разрушениям.

Основными мерами защиты почв от ветровой эрозии служат чередование небольших полей с естественными ландшафтами, посадка полевых защитных лесополос.

**Водная эрозия почв** подразделяется на три вида:

- дождевая эрозия,
- эрозия снеготаяния,
- ирригационная эрозия (разрушение почв при поливах).

Интенсивность ирригационной эрозии почв зависит от способов орошения. Наибольшую эрозию вызывает полив по бороздам. При поливе дождеванием поверхностный сток и, следовательно, водная эрозия, возникает редко. При капельном поливе эрозии почв не происходит.

К основным мерам защиты почв от водной эрозии относятся:

- меры, указанные как меры защиты почв от ветровой эрозии;
- использование щадящих способов полива земли (капельный полив, полив дождеванием).

### **Истощение земель**

Под истощением земель понимают нарушение естественного состава и структуры почв со снижением их плодородия.

К основным причинам истощения земель относятся:

- отчуждение питательных веществ с урожаем при последующем их неполном возвращении;
- потеря гумуса, главным образом, за счет ветровой и водной эрозии;
- ухудшение водного режима;
- изменение физико-химических свойств почвы.

Меры, направленных на снижение истощения земель:

- использование органических и минеральных удобрений, но не чрезмерное, т.к. отдельные виды удобрений вызывают закисление почв;
- своевременный полив почв с недостаточным содержанием влаги при использовании технологий, не приводящих к эрозии почв;
- борьба с ветровой и водной эрозией почв;
- минимизация или предотвращение загрязнения земель токсическими химическими веществами.

### **Отчуждение почв**

Под отчуждением земель понимают изъятие и использование их для различных целей, не связанных с получением растительной продукции. Наиболее значимое отчуждение связано с использованием земель под различные строения и сооружения (городские территории, дороги, аэродромы, складирование отходов, разработки полезных ископаемых, затопление при строительстве водохранилищ).

### **Запечатывание почв**

Запечатывание почв, т.е. покрытие их асфальтом и цементными плитами на застроенных территориях, достигает 80–90%. Запечатанные почвы не участвуют в биохимическом круговороте веществ, деградируют и превращаются в биосферно-инертные почвы. Кроме того, запечатанные почвы, нарушая влажностный режим застроенных территорий, способствуют развитию подтопления.

В современном населенном пункте запечатывание почв неизбежно. Но при планировке и застройке населенных мест следует предусматривать участки, свободные от асфальта: цветники, газоны, бульвары, скверы, парки и т.д.

#### **Физическая деградация почв**

Деградация почв – это нарушение ее структуры и утрата экологических функций.

Физическая деградация почв – это уплотнение почвы на полях и пастбищах. В результате уплотнения происходит:

- снижение водо- и воздухопроницаемости почвы;
- увеличение поверхностного стока и, как следствие, водная эрозия;
- затруднение развития корневой системы растений.

Основные меры предотвращения физической деградации почв:

- использование более легкой техники на полях;
- чередование использования участков земли под пастбища и для других целей.

#### **Загрязнения (химическая деградация) почв**

Основными видами загрязнения почв являются механическое, физическое, химическое, биологическое.

**Механическое загрязнение** почв происходит за счет поступления на поверхность и в глубину почвы мусора. По происхождению мусор может быть бытовой, строительный, мусор в виде отходов промышленных предприятий. Главная опасность механического загрязнения почвы – неблагоприятное влияние на процессы ее самоочищения.

**Физическое загрязнение** почв связано с возможностью поступления в них радиоактивных веществ в результате нарушения правил захоронения радиоактивных отходов или вследствие аварий на АЭС. Опасность загрязнения почвы радиоактивными веществами заключается в неблагоприятном воздействии генерируемых ими излучений на живые организмы почвенных экологических систем и возможности поступления радиоактивных веществ с выросшими на таких почвах растениями в организм животных и человека.

**Химическое загрязнение** почв связано с поступлением в нее химических веществ.

Основными источниками химического загрязнения почв являются:

- отходы промышленного и сельскохозяйственного производства;
- минеральные удобрения;
- средства защиты растений (пестициды);
- атмосферные выпадения загрязняющих веществ;
- выбросы автотранспорта вдоль автомагистралей;
- нефте-и продуктопроводы в случае аварийных ситуаций.

**Биологическое загрязнение** почв связано с поступлением в них живых организмов, относящихся к болезнетворным агентам: бактерий, яиц гельминтов. Источниками биологического загрязнения почв могут служить:

- бытовые отходы, а также отходы предприятий общественного питания;
- навоз, используемый в качестве органического удобрения;
- трупы животных;
- отходы и отбросы боен, мясокомбинатов;
- воды поверхностных водоемов (особенно во время паводка).

### **4.3 Самоочищение почвы**

В почве, подвергающейся загрязнению органическими веществами и биологическими болезнетворными агентами, происходят преобразования, которые направлены на восстановление ее первоначального состояния и называются самоочищением почвы. Огромная способность почвы к самоочищению позволяет утилизировать бытовые отходы, отходы промышленного и сельскохозяйственного производства.

Процесс самоочищения почвы связан с круговоротом веществ. Поступившие в почву органические вещества под влиянием редуцентов подвергаются минерализации и нитрификации. При достаточном количестве кислорода в почве углеводы разлагаются до углекислоты и воды, белки – до аммиака, который окисляется до нитратов. При недостатке кислорода в почве в процессе разложения углеводов выделяется метан, а при распаде белков – сероводород.

Наряду с процессами распада органического вещества в почве протекают и процессы синтеза, в результате которых образуется особый сложный продукт – гумус (перегной), имеющий большое значение. Гумус представляет собой достаточно устойчивое с химической точки зрения образование. Он медленно разлагается, постепенно отдавая растениям необходимые для них питательные вещества.

Факторы самоочищения почвы:

- сапрофаги (детритофаги) обеспечивают перемешивание и разбавление загрязнений в слое почвы;
- солнечное излучение вызывает гибель патогенных микроорганизмов, находящихся на поверхности почвы;
- кислород, входящий в состав почвенного воздуха, способствует окислению органических веществ;
- микроорганизмы обеспечивают поэтапную минерализацию органических веществ.

### **4.4 Меры борьбы с загрязнением почв**

К основным мерам по снижению и предотвращению загрязнения почв относятся следующие:

- внедрение безотходных и малоотходных технологий производства промышленной продукции;
- осуществление мероприятий по снижению выбросов промышленных предприятий в атмосферный воздух;
- соблюдение нормативов образования и размещения отходов промышленными предприятиями;
- обезвреживание отходов промышленных предприятий;
- соблюдение правил захоронения радиоактивных веществ;
- соблюдение правил строительства и эксплуатации нефте-и продуктопроводов;
- соблюдение предельно допустимых норм и правил применения агрохимикатов (пестицидов и удобрений) в сельском и лесном хозяйстве;
- осуществление мероприятий по снижению выбросов автотранспорта в атмосферный воздух;
- обезвреживание твердых бытовых отходов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Почва: понятие и структура.
2. Перечислите основные компоненты зрелой почвы.
3. Перечислите экологические функции почвы.
4. Что представляет собой физическое загрязнение почв?
5. Что представляет собой механическое загрязнение почв?
6. Что представляет собой химическое загрязнение почв?
7. Что представляет собой биологическое загрязнение почв?
8. Дайте характеристику факторов самоочищения почвы.
9. Перечислите меры борьбы с загрязнением почв.

## **5 Правовые основы экологии**

### **5.1 Основные понятия экологического права**

**Предметом экологического права**, составляющим основу выделения его в самостоятельную отрасль права, являются общественные отношения по поводу окружающей среды, которые принято разделить на две группы:

- общественные отношения по использованию природных ресурсов;

- общественные отношения по охране окружающей среды.

**Общественные отношения по природопользованию** (использованию природных ресурсов) регулируются главным образом применительно к отдельным природным ресурсам – земле, водам, атмосферному воздуху, недрам, лесам, растительному миру вне лесов, объектам животного мира.

Регулирование общественных отношений по природопользованию позволяет реализовать основной принцип осуществления природопользования – принцип рациональности, т.е. экологически обоснованного использования природных ресурсов.

Правовое регулирование общественных отношений по охране окружающей среды касается трех видов вредных воздействий на нее: химических, физических и биологических.

**Примером правового регулирования отношений по охране окружающей среды от химических воздействий** служит регулирование:

- сброса предприятиями сточных вод в водоемы;
- выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, как промышленными предприятиями, так и транспортными средствами;
- применения агрохимических средств;
- использование хладагентов и других химических веществ, влияющих на состояние озонового слоя Земли.

**Регулирование экологическим правом отношений по охране окружающей среды от физических воздействий** включают в себя отношения по поводу:

- шума, создаваемого производственными объектами и транспортными средствами (наземными и воздушными);
- вибрации создаваемой в процессе строительства различных объектов и эксплуатации транспорта;
- электромагнитных полей, возникающих в процессе эксплуатации линий электропередач и электрической техники;
- радиоактивных излучений, генерируемых радиоактивными источниками, используемыми в промышленности и медицине;
- сброса теплых сточных вод в водоемы.

**Охрана окружающей среды от биологических воздействий** обеспечивается правовым регулированием:

- переселения и гибридизации объектов растительного и животного мира;
- биотехнологий;
- поступления в окружающую среду микроорганизмов (бактерий, вирусов, микроскопических грибов), в том числе возбудителей инфекционных заболеваний человека.

Правовое регулирование охраны окружающей среды от химических, физических и биологических воздействий осуществляется с целью сохранения или восстановления благоприятного состояния окружающей среды.

## **5.2 Юридическая ответственность за экологические правонарушения**

**Под юридической ответственностью за экологические правонарушения** понимается отношения между государством в лице специально уполномоченных органов в области охраны окружающей среды, правоохранительных органов, других уполномоченных субъектов и совершившим экологическое правонарушение лицом (физическим, должностным или юридическим) по применению к нарушителю соответствующего взыскания. **Сущность юридической ответственности** заключается в неблагоприятных последствиях, наступающих для нарушителя. Основанием возложения юридической ответственности в рассматриваемой сфере служит экологическое правонарушение.

**Экологическое правонарушение** – это противоправное деяние (действие или бездействие), совершаемое правоспособным субъектом, причиняющее экологический вред или создающее реальную угрозу причинения такого вреда.

### **Дисциплинарная ответственность за экологические правонарушения**

Дисциплинарная ответственность выражается в наложении работодателем на виновного работника дисциплинарного взыскания за неисполнение или ненадлежащее исполнение возложенных на него трудовых обязанностей, связанных с природопользованием и охраной окружающей среды. К примеру, правонарушение может заключаться в неисполнении главным инженером предприятия требований должностной инструкции относительно эксплуатации промышленного оборудования.

Субъективной стороной дисциплинарного экологического проступка является, как правило, неосторожность. В соответствии со ст. 192 ТК РФ за совершение дисциплинарного проступка могут быть применены дисциплинарные взыскания: замечание, выговор, увольнение.

### **Административная ответственность за экологические правонарушения**

Административная ответственность выражается в применении государственным органом, уполномоченным в области охраны окружающей среды, мер административного взыскания за совершении административного экологического правонарушения.

В данном случае штраф является основным наказанием. За совершение некоторых административных экологических правонарушений наряду со штрафом предусмотрена конфискация (коллекционных объектов – ст. 834, орудий добывания животных или растений, а также самих животных или растений, их продуктов, частей, дериватов – ст. 835; судна и орудий лова – ст. 837). Конфискация в этих случаях применяется как дополнительное наказание.

### **Уголовная ответственность за экологические преступления**

За совершение экологических преступлений УК РФ предусматривает следующие виды наказаний:

- штраф, размером от 100 до 700 минимальных зарплат, предусмотрен почти за все экологические преступления;
- лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью предусмотрено за многие экологические преступления;
- обязательные работы, заключающиеся в выполнении осужденным в свободное от основной работы или учебы время бесплатных общественно–полезных работ (до 240 часов), предусмотрены за уничтожение или повреждение лесов;
- исправительные работы по месту работы осужденного с удержанием 5 – 20% заработку в доход государству предусматриваются за нарушение ветеринарных правил и правил, установленных для борьбы с болезнями и вредителями (до 1 года); за загрязнение атмосферы (до 2 лет); за нарушение режима особо охраняемых природных территорий и природных объектов (до 2 лет);
- ограничения свободы – содержание осужденного в специальном учреждении без изоляции от общества в условиях осуществления за ним надзора – предусмотрено за порчу земли (до 3 лет); уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу РФ (до 3 лет);
- арест – содержание заключенного в условиях изоляции от общества – предусматривается за загрязнение вод (до 3 месяцев), морской среды (до 4 месяцев);
- лишение свободы на определенный срок предусматриваются за многие преступления, в том числе за нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ (до 5 лет); нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов (до 8 лет); нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими или другими биологическими агентами, токсинами (до 5 лет); загрязнение воды (до 5 лет); загрязнение атмосферы (до 3 лет); порчу земли (до 3 лет); уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу РФ (до 3 лет); уничтожение или порожение лесов (до 8 лет).

### **Гражданско-правовая ответственность за экологический вред**

Гражданско-правовая ответственность в сфере взаимодействия общества и природы заключается главным образом в возложении на правонарушителя обязанности возместить потерпевшей стороне имущественный или моральный вред, причиненный в результате нарушения правовых экологических требований.

**Под экологическим вредом** понимается любое ухудшение состояния окружающей среды, произошедшее вследствие нарушения правовых экологических требований. Чаще всего он проявляется в форме загрязнения окружающей среды, порчи, уничтожения, повреждения, истощения природных ресурсов, разрушение экологических систем.

Возмещение экологического вреда регулируется в основном Гражданским кодексом РФ, Гражданско-правовым кодексом РФ, Административно-Правовым кодексом РФ.

Законодательство предусматривает **два способа возмещения вреда** – в натуре (реальный) и в денежном выражении.

Порядок возмещения экологического вреда может быть судебным и внесудебным. **Внесудебный порядок возмещения** реализуется несколькими способами, включая добровольное возмещение, возмещение посредством страхования риска причинения экологического вреда и в административном порядке.

**Административный порядок возмещения** нанесенного экологического вреда применяется, как правило, при авариях и стихийных бедствиях, имеющих экологические последствия, путем принятия мер социально–экономической защиты пострадавшего населения.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что понимают под экологическими правоотношениями?
2. Что понимают под юридической ответственностью за экологические правонарушения?
3. Что понимают под экологическим правонарушением?
4. Перечислите виды ответственности за экологические проступки.
5. Перечислите виды ответственности за экологические преступления.
6. Что представляет собой дисциплинарная ответственность за экологические правонарушения?
7. Что представляет собой административная ответственность за экологические правонарушения?
8. Что представляет собой гражданско-правовая ответственность за экологические правонарушения?
9. Что представляет собой уголовная ответственность за экологические правонарушения?
10. Что такое экологический вред?
11. Способы возмещения экологического вреда.

## **6 Экономические основы экологии**

### **6.1 Экономический механизм природопользования**

**Основными элементами экономического механизма природопользования и охраны окружающей среды** являются:

- планирование природопользования и охраны окружающей среды;
- финансирование охраны окружающей среды;
- платежи за природопользование;
- экологическое страхование;
- меры экономического стимулирования.

**Роль экономического механизма** в экологическом праве определяется выполняемыми им в данной сфере функциями. Прежде всего он направлен на экономическое обеспечение рационального природопользования и охраны окружающей среды.

**Вторая важнейшая функция экономического механизма** – стимулирующая. Она заключается в создании условий экономической заинтересованности предприятий и предпринимателей в выполнении адресованных им требований экологического законодательства. Эта функция реализуется не всеми экологическими мерами, включенного в него, а лишь некоторыми из них. К мерам, играющим стимулирующую роль, относятся:

- платежи за пользование землей, недрами, водами, другими природными ресурсами и за загрязнение окружающей среды;
- налоговые и кредитные льготы;
- экологическое страхование.

На современном этапе развития Российского экологического законодательства наиболее заметное место в экономическом механизме природопользования и охраны окружающей среды занимает система платежей за использование природными ресурсами и загрязнение окружающей среды.

## **6.2 Плата за пользование природными ресурсами**

**Плата за использование земли** взимается в форме земельного налога (налога на недвижимость) и арендной платы. Собственники земли, землевладельцы и землепользователи, кроме арендаторов, облагаются ежегодным земельным налогом. За арендуемую землю взимается арендная плата.

**Платежи за пользование недрами** регулируются законом о недрах и включают:

- разовые платежи за пользование недрами при наступлении определенных событий, оговоренных в лицензии;
- регулярные платежи за пользование недрами;
- плата за геологическую информацию о недрах;
- сбор за выдачу лицензий.

**Система платежей, связанных с использованием водными объектами** определяется водным кодексом РФ и включает плату за пользование водными объектами (водный налог) и плату, направляемую на восстановление и охрану водных объектов. Платежи, связанные с использованием водными объектами, осуществляют граждане и юридические лица, имеющие лицензию на водопользование.

**Платежи за пользование лесным фондом** в виде лесных податей или арендной платы регулируются лесным кодексом РФ. Лесные подати взимаются при краткосрочном пользовании участками лесного фонда, арендная плата – при аренде участков лесного фонда.

**Общие требования к платежам за использованием животным миром** установлены законом о животном мире. Систему таких платежей включаю плату за пользование и штрафы за сверхлимитное и нерациональное пользование животным миром.

### 6.3 Плата за негативное воздействие на окружающую среду

**Плата за загрязнение окружающей среды и другие виды вредного воздействия** на нее служат одним из экономических стимулов к тому, чтобы предприятия - природопользователи сами принимали меры по уменьшению загрязнения окружающей среды.

Расчет платежей основывается на нормативах платы за загрязнение окружающей среды, утвержденных постановлением Правительства РФ "О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления".

Данным постановлением за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты по каждому ингредиенту установлены **два вида базовых нормативов платы:**

– нормативы платы за выброс или сброс 1 тонны загрязняющих веществ в пределах установленных допустимых нормативов выбросов и сбросов;

– нормативы платы за выброс или сброс 1 тонны загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов выбросов (временно согласованный выброс – ВСВ) и сбросов (временно согласованный сброс – ВСС).

При этом базовые нормативы платы за загрязнение атмосферы и гидросферы в пределах установленных лимитов (ВСВ и ВСС) **в 5 раз** превышают базовые нормативы платы за загрязнение среды в пределах допустимых нормативов выбросов и сбросов (ПДВ и ПДС).

В случае превышения лимитов выбросов и сбросов базовая ставка платы за загрязнение атмосферного воздуха и водных объектов превышает исходные базовые нормативы платы **в 25 раз**.

Плата за размещение отходов производства и потребления определяется, исходя из единого норматива – норматива платы за размещение 1 единицы размещения отходов в пределах установленных лимитов размещения отходов.

В случае превышения лимитов размещение отходов норматив платы увеличивается **в 5 раз**.

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления применяются с использованием коэффициентов, учитывающих экологические факторы.

Для выбросов в атмосферу коэффициент, учитывающий экологический фактор (состояние атмосферного воздуха) в Центральном экономическом районе (куда входит Рязанская область) составляет 1,9. При выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов данный коэффициент применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 (и поэтому для города Рязани составляет 2,28).

Для сбросов в водные объекты коэффициент, учитывающий экологический фактор (состояние водных объектов) по бассейну реки Волги на территории Рязанской области составляет 1,17.

При определении платы за размещение отходов коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние почвы) по Центральному экономическому району РФ (Рязанской области) принимается равным 1,6.

Кроме коэффициентов, учитывающих экологические факторы, при определении нормативов платы за загрязнения окружающей среды учитывается территориальный коэффициент, составляющий для Рязанской области 42,0.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что понимают под экологическим механизмом природопользования и охраны окружающей среды?

2. Приведите примеры платежей за природопользование?

3. Перечислите основные виды платежей за негативное воздействие на окружающую среду?

4. Какие данные закладываются в формулу расчета платежей за сброс сточных вод в поверхностные водоемы?

5. Какие виды нормативов платы используются при расчете платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу?

6. Какие виды нормативов платы используются при расчете платежей за сброс сточных вод в поверхностные водоемы?

7. Укажите соотношение нормативов платы за единицу размещения отходов при фактическом воздействии на окружающую среду в пределах установленных лимитов воздействия и сверх установленных лимитов воздействия.

8. Укажите величину коэффициента, учитывающего экологические факторы, при расчете платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями Рязанской области.

9. Укажите величину коэффициента, учитывающего экологические факторы, при расчете платежей за сброс сточных вод в водоемы Рязанской области.

10. Укажите величину коэффициента, учитывающего экологические факторы, при расчете платежей за размещение отходов на территории Рязанской области.

11. Укажите величину коэффициента, учитывающего экологические факторы, при расчете платежей за негативное воздействие на окружающую среду в Рязанской области.

## Библиографический список

1. Тотай, А.В. Экология: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. В. Тотай [и др.]; под общ. ред. А. В. Тотая, А. В. Корсакова. – 5–е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 353 с.
2. Третьякова, Н. А. Основы экологии: учеб. пособие для вузов / Н. А. Третьякова; под науч. ред. М. Г. Шишова. – М.: Издательство Юрайт, 2019.
3. Гурова, Т. Ф. Экология и рациональное природопользование: учебник и практикум для академического бакалавриата / Т. Ф. Гурова, Л. В. Назаренко. – 3–е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 188 с.
4. Павлова, Е. И. Общая экология: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 190 с.
5. Боголюбов, С.А. Экологическое право: учебник для вузов / С. А. Боголюбов [и др.]; под редакцией С. А. Боголюбова. – 7–е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 304 с.

Учебное издание

**Воробьева** Елена Владимировна

## **ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Тираж 5 экз.  
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета  
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53