

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»  
(Самарский университет)

## ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ЭКОЛОГИЮ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 28.03.02 Наноинженерия, 22.03.02 Металлургия, 15.03.01 Машиностроение, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, 11.03.01 Радиотехника, 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

САМАРА  
Издательство Самарского университета  
2017

УДК 502(075)

ББК 20.1я7

В 24

Авторы: *И.Н. Колесниченко, Н.В. Никитченко,  
Е.А. Новикова, И.А. Платонов, Л.В. Павлова*

Рецензенты: д-р тех. наук, проф. П.К. Ланге,  
канд. тех. наук, доц. Е.А. Носова

В 24 **Введение в общую экологию:** учеб. пособие / *И.Н. Колесниченко  
[и др.]*. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 80 с.

**ISBN 978-5-7883-1200-2**

В учебном пособии рассмотрены основные дефиниции экологии, история формирования экологии как самостоятельной науки от древнего мира до настоящего времени, закономерности становления отдельных разделов экологии, общенаучные и частные методы исследования, применяемые в экологии. Представлена информация об общих экологических законах, правилах и принципах, приведены основные термины общей экологии, представлены задания для самоконтроля.

Предназначено для студентов, обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 28.03.02 Наноинженерия, 22.03.02 Металлургия, 15.03.01 Машиностроение, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, 11.03.01 Радиотехника, 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии, изучающих дисциплину «Экология».

Работа поддержана Минобрнауки РФ в рамках государственного задания на выполнение работ, проект № 608.

Разработано на кафедре химии.

УДК 502(075)

ББК 20.1я7

ISBN 978-5-7883-1200-2

© Самарский университет, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Дефиниции экологии (определение, предмет, задачи)	4
2. Методы исследования в экологии	6
3. История экологии	10
4. Разделы и направления современной экологии	29
5. Основные термины и понятия	33
6. Основные экологические законы, правила и закономерности	40
6.1. Общие экологические законы	41
6.2. Основные закономерности действия экологических факторов	51
6.2.1. Закономерности совокупного действия экологических факторов	55
6.2.2. Закономерности взаимодействия организма и экологических факторов в изменяющихся условиях	56
6.3. Общие закономерности и принципы взаимодействия человеческого общества с природной средой	59
6.4. Экологические принципы управления природой	63
7. Задания для самоконтроля	66
Библиографический список	77

*Экология – наука будущего, и возможно, само существование человека на нашей планете будет зависеть от ее прогресса.*

*Филипп Дре*

## **1. Дефиниции экологии (определение, предмет, задачи)**

Термин «экология» (от греческого *oikos* – жилище, местообитание) введен в литературу в 1866 г. немецким исследователем Э. Геккелем, им дано и общее определение экологии. Э. Геккель писал: «... Под экологией мы подразумеваем общую науку об отношениях организма к окружающей среде, куда мы относим все «условия существования» в широком смысле этого слова».

Согласно трактовке Н.Ф. Реймерса для экологии характерен широкий, системный межотраслевой взгляд... Экология – это совокупность отраслей знания, исследующих взаимодействие между биологически значимыми отдельностями и между ними и окружающей средой. Экология определяется и как «наука, изучающая отношения организмов между собой и окружающей средой, а также организацию и функционирование надорганизменных систем различного уровня: популяций, сообществ и экосистем, природных комплексов и биосферы». При всем многообразии существующих определений экологии основными понятиями в ней, на которых она базируется, являются: живые системы (организмы и их сообщества), взаимодействия и окружающая среда (среда обитания).

На сегодняшний день существует более 140 определений науки Экология. Приведем некоторые из них:

«Экология – одна из биологических наук, изучающих живые системы в их взаимодействии со средой обитания»;

«Экология – комплексная наука, синтезирующая данные естественных и общественных наук о природе и взаимодействии ее и общества»;

«Экология – совокупность научных и практических проблем взаимоотношений человека и природы»;

«Экология – наука о структуре природы, характеризующаяся энергетическим подходом к исследования природных явлений», – Ю. Одум (1963);

«Современная экология – это наука о путях приспособления видовых популяций к изменяющимся условиям внешней среды, наука о становлении, преобразовании и развитии видовых популяций, о законах их интеграции в биологические системы более высокого порядка, специфически приспособленные к наиболее эффективному использованию энергии в конкретных условиях среды», – С.С. Шварц (1967).

В зарубежной традиции наиболее популярно определение науки, данное Кребсом (1972): «Экология – это научное познание взаимодействий, определяющих распространение и численность организмов».

Объединяя выше перечисленные формулировки, определение науки можно сформулировать следующим образом: Экология – это наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и со средой их обитания.

**Предметом экологии** являются объекты организменного, популяционного, видового, биоценотического и биосферного уровней организации в их взаимодействии с окружающей средой.

**Задачи общей экологии**, прежде всего, заключаются в познании взаимосвязей между организмами, средой их обитания, многообразия организации жизни на Земле, изучении функционирования надорганизменных систем различных уровней: т. е. изучение двусторонних связей в системах: организм – среда; популяция – среда; сообщество – среда; биосфера – географическая оболочка; а также выяснение особенностей внутривидовых и межвидовых отношений.

В задачи экологии входит прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека, научное обеспечение восстановления нарушенных природных систем.

Конечная цель экологических исследований состоит в сохранении среды обитания человека.

## 2. Методы исследования в экологии

Среди методов, используемых в экологии, по особенностям их применения, можно выделить *общенаучные* и *частные* (специфичные) методы – только *экологические методы*.

В соответствии с местом проведения исследования методы экологии можно подразделить на: *лабораторные и полевые*. Последние, в свою очередь, делятся на следующие методы: маршрутные, стационарные, описательные и экспериментальные. Полевые исследования в экологии наиболее значимы, поскольку именно они позволяют изучать экологические явления непосредственно в природной среде. Они позволяют установить взаимосвязи организмов со средой, выявить экологические факторы среды и определить адаптации живого к среде.

Среди общенаучных методов выделяют: наблюдение и описание; сравнительный метод; исторический метод; экспериментальный метод; метод моделирования; статистический метод, и т. д.

*Наблюдение и описание* – по сути методы неразделимые, заключаются в длительном отслеживании состояния объекта или явления и последующей записи, фиксирующей всевозможные его/их изменения.

*Сравнительный метод* – основан на анализе сходства и различия изучаемых объектов и явлений.

*Исторический метод* – заключается в анализе хода развития исследуемого объекта.

*Экспериментальный метод* – помогает изучать объекты и явления природы в заданных условиях.

*Метод моделирования* – делает возможным описание объектов и явлений природы относительно простыми моделями, воссоздаваемыми в лабораторных условиях. Модель – это абстрактное описание какого-то явления реального мира. Модели используются для прогнозирования динамики явления, для определения воздействия экологических факторов на объект, для оценки последствий антропогенного вмешательства в среду.

*Статистический метод* – позволяет усреднять полученные данные, и тем самым получать более объективную информацию о количе-

ственных и меристических признаках изучаемых природных объектов и явлений. Среди экологических методов в науке чаще сталкиваешься с методом мониторинга; с микроскопическими методами исследования; с методом изоферментного анализа; с рентгеноструктурным анализом; с методом иоморфологического анализа; с методом группового анализа; с методом морфофизиологических индикаторов; с интродукционным методом; с методами индикации загрязнения среды; с методами инвентаризации природных ресурсов; с методом дистанционного исследования экосистем; с методом атомноадсорбционной спектродометрии и другими.

**Микроскопический метод** – позволяет оценивать воздействие факторов среды на организм на анатомическом уровне.

**Мониторинг** – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Основные задачи мониторинговых исследований: наблюдение за состоянием биосферы; оценка и прогноз состояния природной среды; выявление факторов и источников антропогенных воздействий на окружающую среду и пр. Выделяют следующие типы мониторинга: глобальный (биосферный), геофизический, климатический, биологический, экологический, эко-аналитический. Основа сети глобального мониторинга – биосферные заповедники. Экологический мониторинг – основа глобального мониторинга, он включает наблюдения за различными компонентами биосферы, и в первую очередь за растительными и животными организмами.

В систему мониторинга входят следующие основные процедуры:

- выделение (определение) объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление информационной модели для объекта наблюдения;
- планирование наблюдений;
- оценка состояния объекта наблюдения и идентификация его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- представление информации в удобной для использования форме и доведения ее до потребителя.

Объектом эко-аналитического мониторинга являются вещества техногенного происхождения в различных объектах окружающей среды: воздухе, воде, почве. Природные объекты являются сложными по составу и свойствам системами, в связи с чем анализ их сопряжен с рядом трудностей: неоднородность состава проб; непостоянство состава во времени в связи с процессами, протекающими за счет эрозии, взаимодействия с водой, деятельности живых организмов и человека; сложность матрицы; поликомпонентность элементного химического состава; разнообразие форм соединения элементов; сложность проб отбора.

При решении задач мониторинга используются инструментальные методы анализа, важное место среди которых занимают *физико-химические методы анализа* – позволяющие осуществлять качественное и количественное определение загрязняющих веществ в исследуемых объектах. Среди этой группы методов в качестве наиболее информативных выделяют: хроматографические методы, спектрометрические методы, изоферментный анализ, рентгеноструктурный анализ.

*Биоморфологический анализ* – определение состава и соотношения жизненных форм в конкретном таксоне или фитоценозе.

*Метод группового анализа* – используется в целях характеристики таких признаков популяции, которые в силу относительно высокого варьирования у отдельных особей, не поддаются точному учету. Метод часто используется при определении возраста животных. Оценка признака производится путем изучения кривых его распределения в популяции.

*Метод морфофизиологических индикаторов* – позволяет по отдельным показателям, установленным для организма, оценить общее состояние особи. Например, количество гемоглобина и эритроцитов, содержание протеинов в плазме, могут свидетельствовать о недоедании животного.

*Инвентаризация природных ресурсов* – это учет количества, качества, динамики запасов и степени эксплуатации естественных ресурсов. Инвентаризация включает картографирование объектов исследования, статистический учет и учет качественного состава, степень эксплуатации и определение режима охраны.



**Индикация загрязнений среды** – качественное обнаружение и количественное определение физико-химических веществ в объектах окружающей природной среды. Помимо ландшафтных индикаторов (снег, торф, вода) существуют биоиндикаторы, позволяющие определять степень загрязнения среды различными антропогенными токсикантами. Например, хвойные растения являются биоиндикаторами на кислые осадки, являющиеся выбросами ТЭС, работающих на жидком и газообразном топливе. Нарушения хвойных пород фиксируются в радиусе 10–12 км от предприятия. В радиусе 3 км происходит их полное отмирание и замена мелколиственными породами. Сосна обыкновенная и ель европейская являются индикаторами на загрязнение воздуха диоксидом серы и фтористым водородом. Так, при загрязнении атмосферы диоксидом серы у сосны происходит побурение кончиков игл хвои.

**Интродукция** – комплекс работ по переносу растительных или животных объектов из дикого состояния в состояние культуры. Интродукция – начальный этап акклиматизации, являющейся одной из мер по обогащению местной флоры или фауны, и по сохранению биоразнообразия на конкретной территории.

**Дистанционное исследование экосистемы** – это получение информации о природных экосистемах бесконтактными (телеметрическими) методами, с помощью спутников, самолетов, космических кораблей. Спутниковое дистанционное зондирование позволяет дать оценку степени воздействия антропогенных факторов на растительный покров суши; выявить влияние лесных пожаров на природные экосистемы; помогает определить первичную продуктивность и биомассу фитоценозов.

### 3. История экологии

Экология как самостоятельная отрасль науки обязана своим происхождением немецкому зоологу-эволюционисту Э. Геккелю. Во втором томе труда «Всеобщая морфология организмов» он дал ей следующее определение: «Под экологией мы понимаем общую науку об отношениях организмов с окружающей средой, куда мы относим в широком смысле все «условия существования». Они частично органической, частично неорганической природы... К неорганическим относятся физические и химические свойства местообитаний организмов – климат (свет, тепло, влажность и атмосферное электричество), неорганическая пища, состав воды и почвы, и т. д. В качестве органических условий существования мы рассматриваем общие отношения организма ко всем остальным организмам, с которыми он вступает в контакт и из которых большинство содействует его пользе или вредит. Каждый организм имеет среди остальных своих друзей и врагов – таких, которые способствуют его существованию» и тех, что ему вредят. Организмы, которые служат пищей остальным или паразитируют в них, во всяком случае, относятся к данной категории органических условий существования».

Как и большинство наук, экология имеет длительную предысторию, ведущую свое начало с III в. до н.э. Ее обособление в качестве самостоятельной науки в середине XIX в. представляет собой естественный этап накопления, обобщения и систематизации большого объема научных знаний о природе. Основные этапы становления экологии приведены в табл. 1.

Термин «Экология» появился значительно позднее времени рождения самой науки, которое датируется приблизительно III веком до нашей эры. Первыми экологами можно назвать поэтов и философов Древней Греции и Древнего Рима: Платона, Аристотеля, Теофраста, Сенеку, Плиния Старшего. Так, например, в трудах Аристотеля (385–322 гг. до н.э.) имеется классификация животных, основу которой составляют группы организмов, связанные обитанием в разных средах: водные, сухопутные, земноводные.

## Основные этапы становления экологической науки

Хронологический интервал	События, факты, достижения		Персоналии
	Зарождение предпосылок развития науки		
III в. до н.э.	Накопление экологических знаний о многообразии живых форм	Платон, Аристотель, Теофраст, Сенека, Плиний Старший	
Средние века	Наблюдение и описание закономерностей и связей	Авиценна (980–1037), Альберт Великий (1206–1280), Фридрих Второй Гогенштауфен (XIII в).	
Ренессанс	Великие географические открытия. Систематика, классификация. Выявление зависимости между средой обитания и живыми формами	Дж. Рей (1627–1705), К. Линней (1707–1778), Френсис Бэкон, Роберт Бойль, Франческо Реди.	
XVII – начало XVIII	Выявление связи между климатическими особенностями и распространением живых форм	Путешественники: С.П. Крашенинников (1711–1755), И.И. Лепехин (1740–1802), П.С. Даллас (1741–1811).	

Продолжение табл. 1

Хронологический интервал	События, факты, достижения	Персоналии
Конец XVIII – начало XIX вв.	<p style="text-align: center;">Зарождение науки</p> <p>Зарождение науки.                      Развитие экологических воззрений.                      Установление связи организмов с условиями среды.                      Формирование экологических направлений в рамках ботанической и зоологической географии.                      Выделение функциональных групп организмов.                      Инвентаризация флоры и фауны</p>	<p>К. Линней (1707–1778),                      Ж.Б. Ламарк (1744–1829),                      А. Гумбольдт (1769–1859),                      К. Рулье (1814–1858),                      Н.А. Северцов (1827–1885),                      А.Ф. Миддендорф (1815–1894),                      И.Г. Гмелин (1709–1755);                      В.Ф. Зуев (1754–1794) – автор первого российского учебника по естествознанию</p>
	<p>Появление термина «Экология» (1866 г. Геккель).                      Новый экологический терминологический аппарат</p>	<p>Э.Геккель (1834–1919).</p>

Хронологический интервал	События, факты, достижения	Персоналии
Конец XVIII – начало XIX вв.	Экологическая классификация животных по жизненным типам или жизненным формам	Н.А. Северцов
	Учение об естественном отборе. Теория эволюции животного мира	Ч. Дарвин (1809–1882)
	1870-х гг. возникновение биоценологии. Представление о биоценозе как глубоко закономерном сочетании организмов в определенной среде, обусловленном длительной историей приспособления видов друг к другу и к сходной экологической обстановке	К. Мебиус
	1895 г. Основы экологии растений, предмет и задачи, выделение в новую самостоятельную науку	Е. Варминг (1841–1924)

Хронологический интервал	События, факты, достижения	Персоналии
Конец XVIII – начало XIX вв.	<p>Экосистема. Концепция экологической сукцессии</p> <p>Учение о биогеоценозе. Ботаническая экология – геоботаника</p>	<p>Ф. Клементс (1874–1945), А.Тенсли, Р. Уиттекер</p> <p>Г.Ф. Морозов (1867–1920) и В.И. Сукачев (1880–1967)</p>
	Ценобиотическая классификация	Л.Г. Раменский (1884–1953).
	Генетическая классификация почв	В.В. Докучаев
XIX в. – начало XX в.	<p>Классическая экология.</p> <p>Система экологического исследования животного мира. Система внутривидового и межвидового взаимодействия. Формулировка общих концепций современной экологии, постановки задачи о всестороннем изучении и объяснении жизни животных в ее сложных взаимоотношениях с окружающим миром</p>	К.Ф. Рулье (1814–1858)

Хронологический интервал	События, факты, достижения	Персоналии
XIX в. – начало XX в.	Экологическая классификация животных по жизненным типам или жизненным формам	Н.А. Северцов
1913 – 1920 гг.	<p>1910 г. – III Международный ботанический конгресс в Брюсселе. <i>Выделение экологии как самостоятельной науки.</i></p> <p>Формирование экологических направлений, школ, журналов.</p> <p>Введение экологии как самостоятельной дисциплины в образовательные университетские курсы</p>	
	<p>Оформились экологические школы гидробиологов, ботаников, экологов, в каждой из которых развивались определенные направления экологической науки.</p> <p>Организованы экологические научные общества, основаны журналы, экологию начали преподавать в университетах.</p> <p><i>В XX веке из биологической дисциплины экология становится междисциплинарным комплексом</i></p>	
	Развитие самостоятельной науки	
30-е годы XX вв.	<p>Концепция экологической ниши: место, ресурсы и характер отношений с другими участниками.</p> <p>Популяционная экология</p>	Ч. Элтон (1900–1990)

Хронологический интервал	События, факты, достижения	Персоналии
30–40-е годы XX вв.	Концепция биосферы как живой оболочки планеты. Обоснование геологической роли живого в эволюции Земли	В.И. Вернадский (1864–1945)
40-е годы XX вв.	<p>Принципиально новый подход к исследованию природных экосистем.</p> <p>1935 г. обосновано понятие экосистемы.</p> <p>1942 г. – представление о биогеоценозе.</p> <p>Концепция о единстве совокупности организмов с абиотическим окружением, о закономерностях, которые лежат в основе связи всего живого с внешней неорганической средой, о круговороте веществ и превращениях энергии</p>	А. Тенсли, В.Н. Сукачев
50-е годы XX вв.	<p>Исследования миграции живого вещества и энергии. Внедрение методов математического моделирования. Теория динамики популяций, принципы сосуществования видов в сообществе.</p> <p><i>Создание основы для решения задач программирования урожая</i></p>	



Хронологический интервал	События, факты, достижения	Персоналии
80-е годы XX вв.	<p>Экология как теоретическая база охраны природы</p> <p>Экология становится теоретической основой, определяющей поведение человека</p> <p>индустриального общества в природе</p>	
Конец 80-х XX вв.	<p>Возникновение экологического права и экология культуры. Прикладная экология</p>	
XXI в.	<p>Глобальная экология</p> <p>«Универсальная методология», в соответствии с которой внимание исследователей переключилось на изучение более частных пространственных и временных закономерностей, механизмов организации популяций и экосистем (Экология сельского хозяйства, экология города и т. д.). Социальная экология. Прикладная экология. Промышленная экология. Экология человека. Глобальные проблемы окружающей среды. Проблема предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций</p>	

В рудах Теофраста Эрезийского (371–280 гг. до н.э.) содержится много сведений по экологии растений. Именно он обрабатывал те растительные и частично животные материалы, которые привозил из своих завоевательных походов Александр Македонский. В главном труде своей жизни «Исследования о растениях» Теофраст излагает наблюдения за зависимостью формы роста растения от климата, почвы и способов возделывания. Интуитивно Теофраст подразделяет растения на жизненные формы: деревья, кустарники, травы. Он замечает, что при пересадке растений из высокогорий на равнину меняется их облик, – они становятся больше и красивее на вид. В трудах крупнейшего адмирала римского флота и ученого-натуралиста Плиния Старшего (23–79. гг. н.э.) приводятся сведения по экологии наземных и водных животных, дикорастущих и сельскохозяйственных растений. Им описываются не только конкретные организмы, но и целые ландшафты, причем в состоянии динамики. Именно ему принадлежит первенство в описании извержения вулкана Везувия.

В эпоху Средневековья экологические знания можно найти в трудах Авиценны (980–1037), Альберта Великого (1206–1280) и Фридриха П. Гогенштауфена (XIII в). В трудах Авиценны (Ибн-Сины) содержится много сведений о культивировании лекарственных растений, об их отношении к фактору увлажнения, к свету и температуре. Авиценна не только занимался врачеванием, он по сути был популяризатором идей Аристотеля.

Альберт Великий, также испытавший на себе влияние идей древнегреческого ученого, главное внимание уделял изучению морфологических и физиологических особенностей растений. Он первым описал явление «зимнего сна» у растений. Особенности размножения и роста растений он ставил в зависимость от условий местообитания, от особенностей почв и количества солнечного тепла.

Германский император Фридрих II Гогенштауфен был заядлым охотником, и в то же время описывал анатомические особенности птиц. Им также была отмечена закономерность морфологической изменчивости теплокровных животных в зависимости от низких температур. Впоследствии это наблюдение положили в основу правила Бергмана, в

соответствии с которым размеры тела северных животных изменяются в направлении уменьшения теплоотдачи, что выражается в укорочении выступающих частей тела животного – ушей, морды, ног.

В средние века интерес к изучению природы ослабел под давлением богословия и схоластики, но возобновился в эпоху Возрождения. Великие географические открытия и последовавшая за ними колонизация новых стран послужили толчком к развитию систематики – науки о разнообразии всех организмов на планете. Исследователи составляли подробнейшие описания растений и животных, их внутреннего и внешнего строения. Первые систематики, такие как Дж. Рей (1627–1705), К. Линней (1707–1778), поставившие целью создание полной системы (классификации) органического мира, сообщали и о зависимости растений от условий их произрастания или возделывания, особенностей мест обитания и т. п.

Во времена Возрождения экологический оттенок имели труды таких естествоиспытателей, как, Френсис Бэкон, Роберт Бойль, Франческо Реди, Джон Рей.

В XVII–XVIII вв. экологическим сведениям отводилось немало места в записях известных путешественников. Из трудов С.П. Крашенинникова (1711–1755), И.И. Лепехина (1740–1802), П.С. Далласа (1741–1811) и других географов и натуралистов следовало, что распространение растительности и животного мира в разных частях планеты связано с климатическими особенностями.

Без сомнения, зарождение науки в XVIII–XIX веках связано с такими именами, как К. Линней (1707–1778), Ж.Б. Ламарк (1744–1829), А. Гумбольдт (1769–1859), К. Рулье (1814–1858), Н.А. Северцов (1827–1885), А.Ф. Миддендорф (1815–1894), Ч. Дарвин (1809–1882), Э. Геккель (1834–1919), В.В. Докучаев (1846–1903), и многие другие.

В XVIII–XIX столетии большой вклад в накопление фактического материала и развитие экологических воззрений внесли натуралисты и естествоиспытатели России: И.Г. Гмелин (1709–1755); В.Ф. Зуев (1754–1794); С.П. Крашенинников (1711–1755); И.И. Лепехин (1740–1802); П.С. Паллас (1741–1811); Г.В. Стеллер (1709–1746). Участвуя в академических экспедициях по России, они изучали жизнь животных и

растений в различных природных условиях Урала, Сибири, Дальнего Востока. Среди перечисленных ученых наиболее ценные материалы по экологии собрал В.Ф. Зуев. Естествоиспытатель, самородок, сын солдата, ставший впоследствии академиком Российской Академии наук, изучал влияние температуры окружающей среды на температуру тела животных, ведущих различный образ жизни. В.Ф. Зуев – автор первого российского учебника по естествознанию. В начале XIX века в связи с бурным накоплением данных в области биологии происходит вычленение из ее недр ботаники и зоологии.

К. Линней – великий натуралист, посвятил свою жизнь идее создания системы о разнообразии живых организмов. Заслугой ученого является введение в науку бинарной номенклатуры. Он же стал использовать при обозначении организмов латинский язык. В труде «Экономия природы» Линней указывал на связь организмов с условиями среды. Он считал, что в природе существует равновесие, которое поддерживается гибелью организмов, выразив эту мысль точнее, – гибель одного организма делает возможным существование других.

Ж.Б. Ламарк – выдающийся биолог эволюционист, задолго до Ч. Дарвина в труде «Философия природы» выдвинувший свою концепцию исторического развития организмов. В основу большинства работ ученый заложил идею об адаптации видов к условиям существования. Он писал о переработке неорганического вещества на планете живыми организмами. Ламарк различал несколько функциональных групп организмов, тех, которые производят органическое вещество, и тех, которые его перерабатывают.

Труды А. Гумбольдта (1769–1859) определили новое, экологическое направление в географии растений. Он ввел в науку представление о том, что «лицо» ландшафта определяется внешним обликом растительности: в сходных зональных и вертикально-поясных географических условиях у растений разных систематических групп вырабатывается сходный внешний облик и разработал концепцию о физиономических типах организмов, фактически о жизненных формах растений. Одним из первых среди ученых пришел к понятию биосферы. Ученый обосновал идею горизонтальной зональности и высотной поясности

растительности, сформулировал мысль о том, что высотная поясность есть повторение широтной зональности при движении с юга на север. Он писал о необходимости построения целостной картины мира. Гумбольдт лично посетил Северную и Южную Америку, был в Центральной Европе, Китае, несколько раз в России (в том числе на Урале и в Сибири). Своими трудами Гумбольдт фактически создал новую науку – географию растений. Весь растительный покров Земли он делил на растительные области, выделение которых ставил в зависимость от климатических факторов. Причины современного распределения животных и растений по поверхности Земли он связывал с современными условиями их существования и с прошлым планеты.

Без сомнения, работы российских ученых XIX внесли немалый вклад в экологию. Академик Александр Федорович Миддендорф был зоологом широкого диапазона. Основные материалы для своих научных построений он собрал в Северной и Восточной Сибири, куда по поручению РАН в 1842–1844 гг. он проделал большое и трудное путешествие. Целью этой поездки была не только инвентаризация фауны позвоночных этого региона, но и изучение условий существования животных в арктических и субарктических районах Сибири, исследование особенностей их строения и образа жизни. Ученый анализировал особенности строения покровов и окраски северных животных в связи с климатическими условиями. Большое внимание А.Ф. Миддендорф уделял вопросам размножения северных видов. Одним из первых в России ученый положил начало применению к зоологическим объектам учения А. Гумбольдта о жизненных формах.

Одним из основоположников классической экологии с полным правом можно назвать профессора Московского университета К.Ф. Рулье (1814–1858), который широко пропагандировал необходимость развития особого направления в зоологии посвященного всестороннему исследованию жизни животных их сложных взаимосвязей с окружающим миром (взаимоотношения родителей и потомства, отношения между животными разных видов, их взаимодействие с растениями, почвой, зависимость от физических условий и т. п.). К.Ф. Рулье разработал широкую систему экологического исследования животного мира.

Вместе с учеником и последователем Николаем Алексеевичем Северцовым продолжили исследования А.Ф. Миддендорфа, однако подходили к проблемам с эволюционных позиций. Именно Рулье принадлежит заслуга разработки общих концепций современной экологии, постановки задачи о всестороннем изучении и объяснении жизни животных в ее сложных взаимоотношениях с окружающим миром. Всего К.Ф. Рулье было написано 126 сочинений. Среди них: «О влиянии наружных условий на жизнь животных», «Сомнения в зоологии как науке», «Общая зоология» - являются общепризнанными научными исследованиями. В одном из своих трудов Рулье изложил свое понимание того, как надо изучать жизнь животных. Изучение жизни животных, писал автор, надо проводить в двух направлениях. Согласно одному изучать жизнь особи индивидуальную, т. е. выбор пищи, постройка жилища, географического размещение. Согласно другому «групповому», изучать надо взаимоотношения родителей и потомства, уход за птенцами, отношение животного к животным одинакового с ним вида, отношение к прочим животным, отношение животного к растениям, и, наконец, отношение животных к человеку и человека к животным. Рулье рассматривал периодичность в явлениях жизни животных (суточные, сезонные, погодичные). Очень много внимания ученый зоолог уделял вопросам эволюции и вымирания видов животных. Существенно то, что Рулье обращал внимание на необходимость изучения микроэволюции: изменений особей и того, что теперь называется популяцией.

Деятельность Н.А. Северцова была связана как с его работой в МГУ, так и с экспедициями с 1837 по 1853 гг. в Воронежскую губернию и с 1856 по 1879 г. в Среднюю Азию. Н.А. Северцов полагал, что основной задачей изучения мира животных представляется исследование их образа жизни и их отношение к внешним условиям. В своих работах Северцов на фоне анализа внешних условий разбирал явления миграций, сезонного и биотопического размещения, а также размножение и линьку позвоночных животных. Анализируя фауну Воронежской губернии Северцов подходит к экологической классификации животных по жизненным типам или жизненным формам. Он первым говорит о необходимости установления корреляций между продолжительностью жизни вида и

плодовитостью и т. п. Северцов высказал ряд предположений о связи климатических условий обитания животных с формообразованием и был одним из очень немногих зоологов того времени, который внимательно учитывал географический критерий вида. Он одним из первых прибегал к анализу внутривидовой изменчивости. Им было дано объяснение явлений миграций и различных перемещений животных на большие расстояния (Лекции по общей экологии. Екатеринбург).

Нельзя не отметить заслуги Ч. Дарвина в развитии и формировании современного облика науки, который опираясь на идеи Мальтуса, создал учение об естественном отборе, который исключает перенаселение в природе за счет дифференцированного выживания и размножения особей и одновременно служит основным механизмом адаптации организмов к условиям среды. В главном труде своей жизни «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» Дарвин показал, что «борьба за существование» является движущим фактором эволюции. Ученый сформулировал понятие об искусственном отборе, который человек ведет с утилитарных позиций. Он также высказал мысль о том, что в ходе искусственного отбора сорта растений и породы животных теряют свою приспособленность к жизни в естественных условиях и не могут вернуться в дикую природу. В 1859 г. появилась книга Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В этом труде показано, что борьба за существование в природе, под которой автор понимал все формы противоречивых связей вида со средой, приводит к естественному отбору, т.е. является движущим фактором эволюции. Стало ясно, что взаимоотношения живых существ и их связи с неорганическими компонентами природы («борьба за существование») – большая самостоятельная область исследований.

В 1866 г. благодаря Э. Геккелю эта новая область знаний получила название «экология». Интересно, что Э. Геккель впоследствии отрекся от введенного им названия, заменив его на «экономия природы», однако термин «экология» постепенно получил всеобщее признание. Появление в биологической науке нового термина «экология» послужило толчком

для развития самостоятельной науки – экологии. С этого времени экология, обособившись от других биологических дисциплин – ботаники, зоологии, географии растений и животных, начинает свое быстрое развитие. Это развитие характеризуется, в том числе, появлением нового экологического терминологического аппарата.

В конце 1870-х гг. в экологии возникло новое направление – биоценология. Немецкий гидробиолог и зоолог К. Мебиус обосновал представление о биоценозе как глубоко закономерном сочетании организмов в определенной среде, обусловленном длительной историей приспособления видов друг к другу и к сходной экологической обстановке. В 1895 году датский исследователь Е. Варминг (1841–1924) сформулировал основы экологии растений, ее предмет и задачи, доказав, что новую науку вполне можно считать самостоятельной.

Учение о растительных сообществах обособилось в отдельную отрасль ботанической экологии – геоботанику, ключевые положения которой были разработаны в трудах Г.Ф. Морозова (1867–1920) и В.И. Сукачева (1880–1967) на основе учения о лесе. Сначала Г.Ф. Морозов в труде «Учение о лесе» определил лес как «общезитие – биоценоз живых существ (растений и животных), взаимно приспособленных друг к другу и к окружающей среде». Затем В.Н. Сукачев на базе учения о лесе развил идею биогеоценологии. Термином биогеоценоз он назвал сообщество животных и растений вместе с соответствующими ему условиями почвы и атмосферы. В.Н. Сукачев создал Ленинградскую школу исследователей, успешно разрабатывающую учение о биогеоценозе как о едином комплексе автотрофных и гетеротрофных организмов и компонентов их абиотического окружения (почвы, атмосферы), в котором они взаимодействуют друг с другом.

В.В. Докучаев рассматривал почву как природно-историческое тело, как результат взаимодействия комплекса факторов почвообразования, главными из которых являются климат, растительность, животные, и материнская порода. Большую роль в почвообразовании играют также возраст территории и ее рельеф. По сути своих высказываний ученый стоял у истоков генетической классификации почв. Он описал почвы России, от подзолов до серых лесных и черноземов, от каштановых до



бурых пустынных почв. В XIX экология по своей сути являлась биологической наукой.

Одновременно в Англии близкие проблемы экологии разрабатывал профессор Кембриджского университета А. Тенсли (1871–1955). В 1935 году он ввел в литературу термин «экосистема», понимавшийся как совокупность сосуществующих видов и условий среды их обитания. Термин «экосистема» прочно вошел в научный обиход. В дальнейшем была сформулирована концепция экологической сукцессии – процесса изменения состава экосистемы под влиянием жизнедеятельности составляющих ее организмов, и климакса – как устойчивого равновесного с климатом состояния, к которому «стремится» любая экосистема. Данные термины были сформулированы Ф. Клементсом (1874–1945), и в дальнейшем развиты А. Тенсли и Р. Уиттекером.

Приблизительно в это же время в России появляется классификация Л.Г. Раменского (1884–1953) отражающая отношения видов к благоприятности условий среды, в соответствии с которой он делит организмы на ценобиотические группы, названные им виолентами, пациентами и эксплерентами.

В 1910 году на III Международном ботаническом конгрессе, проходившем в Брюсселе, экологию делят на два раздела: экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Под экологией также понимают науки, изучающие влияние человека и его деятельности на окружающую среду. Появляются глобальная и региональная экологии; экология человека; прикладная экология; медицинская экология; промышленная и сельскохозяйственная экология; экология питания; этноэкология и социальная экология. В 1913–1920 гг. оформились экологические школы гидробиологов, ботаников, экологов, в каждой из которых развивались определенные направления экологической науки. Также были организованы экологические научные общества, основаны журналы, экологию начали преподавать в университетах.

Понятия, принципы и закономерности, сформулированные в этот период, составляют теоретический фундамент экологии. Так принципы индивидуальности экологии видов и непрерывного изменения (континуума) состава сообществ (и экосистем) вдоль градиентов среды были

независимо сформулированы россиянином Л.Г. Раменским (1884–1953) и американцем Г. Глисоном (1882–1975). В дальнейшем эти принципы были развиты американскими экологами Дж. Кертисом (1913–1961), Р. Уиттекером (1920–1981) и Р. Макинтошем (род. 1924).

Важной вехой развития экологической науки стала концепция биосферы как «живой оболочки» планеты, в рамках которой обоснована геологическую роль живого в эволюции Земли, которая в 30-е годы разработана В.И. Вернадским (1864–1945). Близкие представления сформулировал Дж. Лавлок.

К 1940-м гг. в экологии сложился принципиально новый подход к исследованию природных экосистем. В 1935 г. английский биолог А. Тенсли обосновал понятие экосистемы, а в 1942 г. В.Н. Сукачев – представление о биогеоценозе. В их воззрениях нашла отражение идея о единстве совокупности организмов с абиотическим окружением, о закономерностях, которые лежат в основе связи всего живого с внешней неорганической средой, о круговороте веществ и превращениях энергии. Концепции экологической сукцессии (процесса изменения состава экосистемы под влиянием жизнедеятельности составляющих ее организмов) и климакса (от англ. *climax*) как устойчивого равновесного с климатом состояния с максимальными продуктивностью и биологическим разнообразием, к которому «стремится» любая экосистема сформулированы Ф. Клементсом (1874–1945), в дальнейшем развиты А. Тенсли и Р. Уиттекером.

Концепция экологической ниши как «профессии» вида в экосистеме, которая включает: место «работы»; ресурсы, необходимые для выполнения «работы»; график «работы»; тип выпускаемой «продукции» и характер отношений с другими «работниками», участвующими в совместном «производственном» процессе. Разработана Ч. Элтоном (1900–1991) и Дж. Хатчинсоном (1903–1991). Ч. Элтон также развивает популяционную экологию, считая, что главной задачей экологии является изучение динамики численности особей в популяции. В XX веке из биологической дисциплины экология становится, по сути, междисциплинарным комплексом.

Математическая модель взаимоотношений «хищник – жертва» предложена учеными А.Д. Лотка (1880–1949) и В. Вольтерра (1860–1940).

Суть ее заключается в том, что при пульсации численности популяций жертв и хищников пики численности хищников запаздывают по отношению к пикам численности их жертв. Математические модели конкуренции предложены также В. Вольтерра и А. Лотка, но подтверждены русским ученым Г.Ф. Гаузе (1910–1986) в экспериментах с инфузориями. Гаузе сформулировал принцип конкурентного исключения. Концепция *r*- и *K*-отбора и соответственно *r*-стратегов и *K*-стратегов, различающихся по вкладу в репродуктивное усилие и специализированных для жизни в условиях нестабильных и стабильных местообитаний была разработана Р. Макартуром (1930–1972) и Э. Уилсоном. Аналогичную теорию еще в 1887 г. предложил Дж. Макклиод. Примерно в те же годы о двух направлениях эволюции писал Г. Спенсер (1820–1903). Концепция *S*-, *S*- и *R*-стратегий, отражающих отношения организмов к благоприятности условий среды и интенсивности нарушений, предложенная Л.Г. Раменским в 1935 г., была переоткрыта и развита Дж. Граймом и были названы конкурентами (*C*), стресс-толерантами (*S*) и рудералами (*R*). Функциональный подход к экосистеме как «энергетической установке» связан с именами Р. Линдемана (1915–1942), предложившего «правило 10 %» для оценки эффективности перехода энергии с одного трофического уровня на другой, и Г.Г. Винберга (1905–1987) – автора основного метода измерения биологической продукции водных экосистем. Концепция популяции как совокупности особей одного вида, связанной с определенным местообитанием, и при числе особей, достаточном для ее поддержания в наиболее полном виде выразил Р. Перль в 1937 г. В российской литературе вопросы популяционной экологии рассматривались А.М. Гиляровым, который писал о том, что популяционный подход ставит задачей изучить факторы, определяющие состав биоценозов. В противоположность этому, экосистемный подход концентрирует внимание на потоках вещества и энергии, протекающих через биоценозы. Теория «островной биогеографии» разработана Р. Макартуром и Э. Уилсоном, которые рассматривали число видов на острове как результат формирования равновесия между процессами вселения на остров новых видов и вытеснения уже прижившихся. В дальнейшем как острова стали рассматривать любые экосистемы-изоляты (массив леса среди пашни, высокогорную тундру, озеро и т. д.).

В послевоенное время экология продолжала стремительно развиваться. С конца 1950-х гг. велись исследования миграции живого вещества и энергии, бурно внедрялись методы математического моделирования, позволившие описать многие экологические закономерности. В результате была получена развернутая картина возможных вариантов динамики популяций, сформулированы принципы сосуществования видов в сообществе, описаны сложные процессы их метаболизма. Все это послужило основой для решения задач программирования урожая, помогло в расчетах эффективных схем управления сельскохозяйственными посевами и т. п.

В 1980 году в книге «Экологические закономерности эволюции» академик С.С. Шварц писал: «экология – наука о жизни природы возникла как учение о взаимосвязи организма и среды. Постепенно она трансформировалась в науку о структуре природы, о том, как функционирует живой покров планеты в его целостности». По мнению Шварца, экология все более и более становится теоретической основой, определяющей поведение человека индустриального общества в природе.

В конце 80-х возникают экологическое право и экология культуры. И все это происходит на фоне уже существующих с 20-х годов экологии растений и экологии животных, а также появившейся чуть позднее экологии микроорганизмов. Любопытно, что наряду с дифференциацией науки, способствующей тому, что возникли самостоятельные научные направления, изучающие экологию отдельных таксонов, например, экологию моллюсков, или экологию голосеменных, – происходила дифференциация научных направлений.

Экология за последние 20–30 лет совершила большой скачок, став одной из наиболее значимых наук, в центре изучения которой находятся экосистемы. Живые организмы вместе с окружающей их средой образуют сложную кибернетическую систему. Ее сложность обусловлена не только разнообразием входящих элементов, но и разнообразностью и многообразием возникающих между ними связей. Чтобы эффективно управлять природной средой, недостаточно ограничиваться исследованием составляющих сложную систему элементов живой и неживой природы, необходимо учитывать и воздействующие на них

сооружения, механизмы, машины, созданные человеком. В XXI в. никто не сомневается в том, что экологические принципы и теории, применяемые к редким растениям и животным в их естественных условиях обитания, справедливы и по отношению к человеку. Отрасль экологии, изучающая экологические принципы, необходимые для устойчивого развития человеческого сообщества, часто называют наукой об окружающей среде.

Однако, можно с сожалением констатировать, что на протяжении всей истории использование природных богатств человеком происходило при полном незнании законов экологии, а порой при их игнорировании, что привело к тяжелым, и в ряде случаев непоправимым последствиям, в частности, к истощению природных ресурсов и колоссальному загрязнению среды обитания и биосферы в целом. Решение глобальных экологических проблем, ставших объективной реальностью современного человечества, невозможно паллиативными мерами, единственным путем решения может быть лишь консолидация научных достижений на основе мировоззренческого фундамента. Экология и есть тот биологический и мировоззренческий фундамент, на который следует опираться в принятии мер, направленных на сохранение окружающей природы.

#### **4. Разделы и направления современной экологии**

Экология, как комплексная дисциплина, тесно связана с другими естественными и общественными науками. Экологическая трактовка необходима при решении определенных задач в области ботаники, зоологии, физиологии, морфологии, систематики, биогеографии, эволюционного учения, генетики, биотехнологии, поскольку любые биологические исследования в той или иной степени изучают жизнь растений и животных в природных условиях. Экология развивается на природо-ведческих условиях и вбирает новейшие достижения точных наук – математики, физики, химии, обогащая их, в свою очередь, представлениями о единстве, взаимосвязи живого и неживого.

В экологии в соответствии с уровнями организации живого объективно выделяются разделы, изучающие органический мир на уровне особи (организма), популяции, вида, биоценоза, экосистемы (биогеоценоза) и биосферы (рис. 1).

В последнее время в экологии принято выделять разделы в зависимости от конкретного биологического объекта (экология растений, экология животных, экология микроорганизмов), среды, местообитания организмов (экология суши, экология озера, моря, экология почвы, гидросферы), уровня организации живого. Одним из разделов экологии является экология человека. В экологии человека выделяют два важных направления. Одно связано с влиянием природной среды и ее компонентов на антропосистему (все структурные уровни человечества, все группы людей и индивидуумы), другое вытекает из необходимости изучать последствия антропогенной деятельности.

В состав современной экологии входят (рис. 2):

- общая (классическая) экология, изучающая взаимодействия биологических систем с окружающей средой;
- геоэкология (ландшафтная экология), исследующая экосистемы (геоэкосистемы) высоких уровней, до биосферного включительно; интересы геоэкологии сосредоточены на анализе структуры и функционирования ландшафтов (природных комплексов географического ранга), взаимоотношений их составных биотических и косных (абиотических, неживых) компонентов, воздействия общества на природные составляющие;
- глобальная экология, изучающая общие законы функционирования биосферы как глобальной экологической системы;
- социальная экология, рассматривающая взаимоотношения в системе «общество – природа»;
- прикладная экология, изучающая механизмы воздействия человека на биосферу, способы предотвращения негативного воздействия и его последствий, разрабатывающая принципы рационального использования природных ресурсов. Она базируется на законах, правилах и принципах экологии и природопользования.

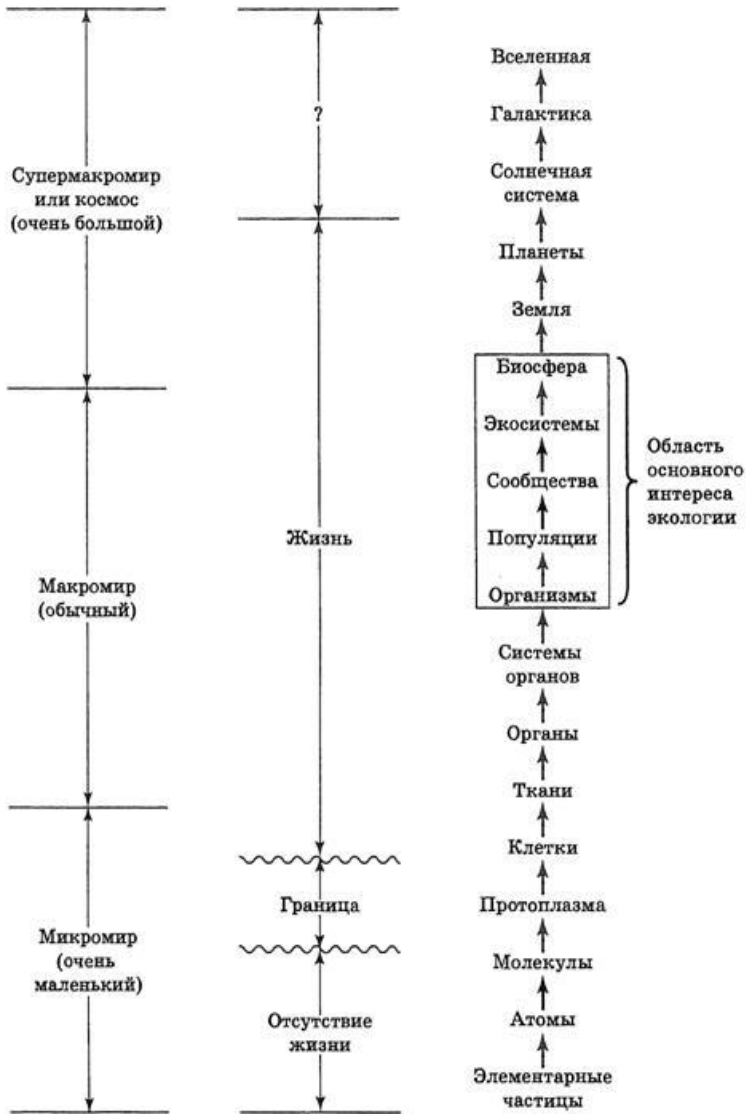


Рис. 1. Уровни организации материи

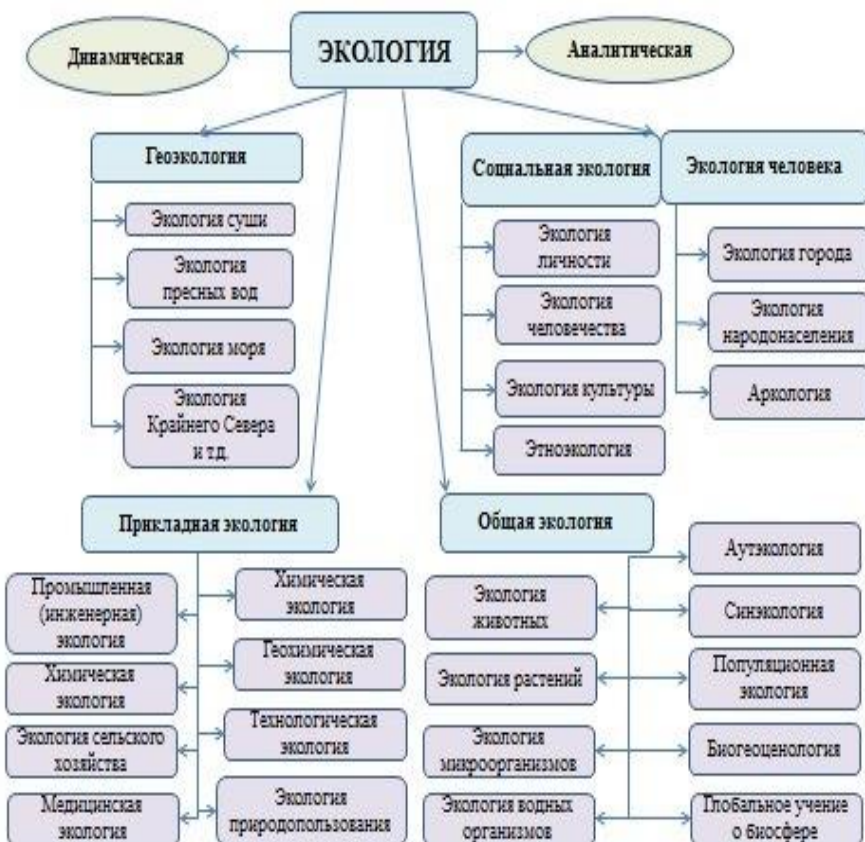


Рис. 2. Структура современной экологии

Одним из направлений современной экологии является экономическая экология, связанная с использованием природных ресурсов. Успешно развивается инженерная экология, решающая вопросы устранения отрицательных последствий вмешательства человека в природные сообщества.



При всем многообразии в современной экологии можно выделить три ветви: общая экология (классическая экология), геоэкология и прикладная экология.

Классическая экология изучает биологические системы, т. е. занимается исследованием органического мира на уровнях особей, популяций, видов, сообществ.

В связи с этим можно выделить следующие направления:

**Аутэкология** (экология особей) – (от греч. *autos* – сам) – устанавливает пределы существования особи (организма) в окружающей среде, изучает реакции организмов на воздействия факторов среды. Аутэкология в качестве живой системы рассматривает отдельный живой организм – растение, животное или микроорганизм. Термин «аутэкология» был введен швейцарским ботаником К. Шретером в 1896 г.;

**Демэкология** (экология популяций) – (от греч. *demos* – народ) – изучает естественные группы особей одного вида – популяции, условия их формирования, внутрипопуляционные взаимоотношения, динамику численности;

**Эйдэкология** (экология видов) – (от греч. *eidōs* – образ, вид) – изучает вид как определенный уровень организации живой природы. В этом направлении проведено еще недостаточно научных исследований;

**Синэкология** (экология сообществ) – (от греч. *sin* – вместе) – изучает ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, их взаимодействие с окружающей средой. Термин введен К. Шретером в 1902 г.

## 5. Основные термины и понятия

**Среда обитания** – совокупность живых и неживых объектов, окружающих растения, животных и другие организмы и непосредственно взаимодействующие с ними.

**Окружающая среда** (или окружающая природная среда) – это та часть природы, на которую простирается влияние человека.

**Экологические факторы** – элементы среды, воздействующие на живые организмы.

**Абиотические факторы** – свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы, определяя условия их существования (температура, свет и другая лучистая энергия, влажность и газовый состав воздуха, атмосферное давление, осадки, снежный покров, ветер, солевой состав воды, почвы, рельеф местности и т. п.);

**Биотические факторы** – все формы воздействия живых существ друг на друга. Каждый организм испытывает прямое или косвенное влияние со стороны других особей, вступает во взаимоотношения с представителями как своего, так и иных видов (растений, животных, микроорганизмов), испытывает от них зависимость или сам оказывает влияние;

**Антропогенные факторы** – все формы деятельности человека, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на условиях их существования. К таким факторам относится воздействие промышленности, сельскохозяйственного производства, транспорта и других форм ведения хозяйства. Антропогенные воздействия на живой мир планеты постоянно возрастают.

Под воздействием экологических факторов живые организмы объединяются в определенные иерархические системы, которые представляют собой разные уровни организации живого вещества: популяции, сообщества и экосистемы.

**Вид** – совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Общее число видов на земле по разным оценкам от 1,5 до 5 млрд. Существование внутри вида генетически разнообразных популяций обеспечивает эволюционную устойчивость вида.

**Популяцией** (от лат. *populus* – народ, население) называют группу особей одного вида, занимающую определенное пространство и обладающую необходимыми возможностями для поддержания своей численности в постоянно изменяющихся условиях среды.

В природе популяции разных видов объединяются в системы более высокого ранга – сообщества. **Сообщество** (биотическое) – это совокупность популяций, населяющих определенную территорию. Сообщества организмов связаны энергетическими связями с неорганической средой. Растения, например, могут существовать только за счет постоянного поступления в них углекислого газа, воды, кислорода, минеральных солей. Наименьшей единицей, к которой может быть применен термин «сообщество», является биоценоз.

**Биоценоз** – группировки совместно обитающих и взаимосвязанных организмов. Термин «биоценоз» употребляют чаще всего применительно к населению территорий, которые на суше выделяют по относительно однородной растительности, например, биоценоз еловых лесов, и пшеничного поля и т. п.

**Биота** (от греч. *biote* – жизнь) – совокупность видов растений, животных и микроорганизмов, объединенных общей областью распространения. В отличие от биоценоза, биота может не характеризоваться отсутствием экологических отношений взаимной зависимости между видами.

**Биотические связи** – взаимоотношения между различными организмами. Могут быть прямыми (непосредственное воздействие) и косвенными (опосредованными). Прямые связи осуществляются при непосредственном влиянии одного организма на другой. Косвенные связи проявляются через влияние на внешнюю среду или другой вид.

Сообщества организмов соединены с неорганической средой теснейшими материально-энергетическими связями. Пространство, занимаемое биоценозом, называется **биотопом**. Биоценоз и его биотоп представляют два нераздельных элемента, образующих более или менее устойчивую систему, именуемую **биогеоценозом** (от греч. *bio* – жизнь, *geo* – земля, *koinos* – общий).

**Экологическая система** (или экосистема) – это единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором все компоненты связаны между собой обменом вещества и энергии.

**Биогеоценоз и экосистема** – понятия сходные, но не тождественные. Оба подразумевают совокупность живых организмов и среды обитания, но экосистема – понятие безразмерное. «От капли до океана» – так образно охарактеризовал ее автор этого термина А. Тенсли. Муравейник, аквариум, пруд, болото, кабина космического корабля – все это экосистемы.

Биогеоценоз в отечественной литературе принято характеризовать как экосистему, границы которой очерчены ареалом распространения растительного покрова – фитоценоза. Например, степные, болотные, луговые и подобные им биогеоценозы. Иными словами, биогеоценоз представляет частный случай экосистемы, это явление естественное, даже если речь идет о воздействии на него человека. Экосистема же может быть целиком искусственной (аквариум, космический аппарат и т. п.).

Биоценозы – динамические системы, они находятся в постоянном развитии, им свойственна сукцессия.

**Сукцессия** (от лат. *successio* – следую) – последовательная смена одного биоценоза другим. Суть этого явления заключается в том, что под влиянием внутреннего развития биоценозов, их взаимодействия с окружающей средой они постепенно «стареют» и сменяются другими типами биоценозов.

Каждая экосистема содержит совокупность животных и растительных организмов, которые по формам питания можно разделить на две группы: авто- и гетеротрофы.

**Автотрофы** (кормящие себя сами) – зеленые растения, способные осуществлять фотосинтез и использующие минеральные элементы для роста и воспроизводства.

**Фотосинтез** – это сложный процесс превращения воды и углекислого газа в сахара с помощью солнечной энергии. Из образованных таким образом Сахаров и минеральных элементов питания, получаемых из почв или воды, растения синтезируют сложные вещества, входящие в состав их организмов. Иными словами, простые химические вещества, из которых состоят воздух, вода и минералы горных пород и

почвы, превращаются в сложные соединения типа белков, жиров и углеводов, называемых органическими.

**Продуценты** (от лат. *producens* – производящий) автотрофные организмы, создающие органические вещества из неорганических. В свою очередь из органических веществ образуются ткани растений и животных. Фотосинтезирующие растения продуцируют пищу для всех остальных организмов экосистемы, поэтому их и называют продуцентами.

**Гетеротрофы** (питающиеся другими) – организмы, которым для питания необходимы органические вещества. Их отличает значительно более сложный обмен веществ. Все гетеротрофы разделяются на организмы-потребители (консументы) и организмы, разлагающие органические вещества на исходные неорганические компоненты (редуценты).

**Консументы** (от лат. *consumo* – потребляю) – организмы, потребляющие органические вещества. Консументы первого порядка – растительноядные гетеротрофы (травоядные животные, паразитические растения), питаются непосредственно продуцентами биомассы. Консументы второго порядка – хищные гетеротрофы (хищники, паразиты хищников), питаются консументами первого порядка. Отдельно взятый организм может являться в разных трофических цепях консументом разных порядков, например, сова, поедающая мышь является одновременно консументом второго и третьего порядка, а мышь – первого и второго, так как мышь питается и растениями, и растительноядными насекомыми. Любой консумент является гетеротрофом, так как не способен синтезировать органические вещества из неорганических. Термин «консумент (первого, второго и так далее) порядка» применяется для определения места организма в цепи питания.

**Редуценты** (от лат. *reducens* – возвращающий, восстанавливающий) – организмы, разлагающие мертвое органическое вещество.

**Пищевая цепь** – последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника. Каждое звено пищевой цепи – это самостоятельный пищевой уровень. Первый трофический уровень – продуценты, второй – растительноядные консументы, далее – хищники, затем – редуценты.

Различают два типа пищевых цепей: цепи выедания (пастбищные) и цепи разложения (детритные). Пастбищные цепи – это пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например, одуванчик – черепаха – ястреб – пухоед. Детритные цепи – это пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов или экскрементов. Например, детрит – земляной червь – ворона.

**Биогенное вещество** – вещество, возникшее в результате жизнедеятельности организмов, например, уголь, нефть, битумы, известняки и пр.

**Живое вещество** – вся совокупность живых организмов в биосфере, вне зависимости от их систематической принадлежности.

**Костное вещество** – продукты, образующиеся без участия живых организмов.

**Биокосное вещество** – вещество, которое создается одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя динамически равновесные системы тех и других.

**Биологический круговорот веществ** – поступление веществ из почвы и атмосферы в живые организмы с соответствующим изменением их химической формы, возвращение их в почву и атмосферу в процессе жизнедеятельности организмов и с посмертными остатками и повторное поступление в живые организмы после процессов деструкции и минерализации с помощью микроорганизмов.

**Биологическое разнообразие** – вариабельность живых организмов из всех источников, включая среди прочего наземные, морские и иные водные экосистемы, и экологические комплексы, частью которых они являются; это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем (Конвенция о биологическом разнообразии).

**Биом** (англ. *biome* от гр. *bios* - жизнь и лат. *oma* – окончание, означающее совокупность) – крупное региональное или субконтинентальное подразделение биосферы, характеризующееся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта.

**Биомасса** (от гр. *bios* – жизнь, *massa* – слиток, глыба, кусок) – выраженное в единицах массы количество функционирующего живого

вещества, отнесенное к единице площади или объема. Выделяют Б. консументов, продуцентов, редуцентов и т. п. Б. суши составляет примерно 1012–1013 т. Различают фитомассу, зоомассу, массу микроорганизмов.

**Биологическая продуктивность** – это воспроизведение биомассы растений, животных и микроорганизмов, входящих в состав биогеоценоза.

**Экологическая ниша** – совокупность множества параметров среды, определяющих условия существования того или иного вида и его функциональных характеристик (преобразование им энергии, обмен веществом и информацией со средой и себе подобными).

**Биосфера** – согласно учению академика В.И. Вернадского, представляет собой наружную оболочку Земли, включающую все живое вещество и область его распространения (среду обитания). Верхняя граница биосферы – защитный озоновый слой в атмосфере на высоте 20–25 км, выше которого жизнь невозможна ввиду воздействия ультрафиолетового излучения. Нижней границей биосферы являются: литосфера до глубины 3–5 км и гидросфера до глубины 11–12 км.

**Ноосфера** – сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития. Сфера разума определяется как высшая стадия развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором ее развития. В.И. Вернадский считал, что на стадии ноосферы человек выступает как мощная геохимическая сила, преобразующая лик Земли. В то же время Вернадский видел противоречивость отдельных положений концепции о ноосфере. Ю. Одум считал, что несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, тем не менее еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Ряд ученых, например, Куражковский (1992) полагают, что правильнее говорить в настоящее время о существовании начальных стадий развития ноосферы (протоноосферы). Сегодня считают, что для изучения ноосферной стадии эволюции биосферы надо применять математическое

моделирование, которое поможет нам предугадать результаты последствий антропогенного воздействия на биосферу.

**Витасфера** (от лат. *vita* – жизнь и гр. *sphaire* – шар) – слой биосферы, включающий ныне живущие организмы и вовлекаемые ими в биогенный круговорот части атмосферы, гидросферы и литосферы. Мощность витасферы на суше до сотни метров. Термин «витасфера» является синонимом эпигенемы Р.И. Аболина, биогеоценотической оболочки В.Н. Сукачева, биогеосферы Н.В. Дылиса, фитогеосферы Е.М. Лавренко. Витасфера отличается от понятия географическая оболочка (ландшафтная среда) и характеризуется тем, что не включает в себя геосистемы, где жизнь практически отсутствует: действующие вулканы, лавовые озера, стерильные участки вечных льдов и др. абиогенные ландшафты. Основными подразделениями витасферы являются экоиды (по Негри), экосистемы (по А. Тенсли), биогеоценозы (по В.Н. Сукачеву).

## **6. Основные экологические законы, правила и закономерности**

На пути своего становления экология, возникнув на основе естественных наук, главным образом, биологических, и будучи связанной с такими науками, как география, почвоведение, физика, химия, геология, математика, экономика, экология приобрела интегральный и яркий междисциплинарный характер. В основе развития экологии лежат принципы и законы биологии, географии, медицины и других естественных наук.

Для многих экологических правил и законов однозначных общепринятых формулировок нет. Многие наблюдаемые при изучении того или иного явления закономерности, высказанные в виде обобщенных постулатов, позже многократно интерпретировались и излагались разными авторами, которые обобщали их или конкретизировали применительно к своим объектам. Сам «статус» постулата – «закон», «правило», «принцип» – не является однозначным и различается в научной и учебной литературе. Для понимания сути этих закономерностей приведем основные из них.



## 6.1. Общие экологические законы

**Закон физико-химического единства существа** (общебиосферный закон) (В. И. Вернадский): все живое вещество планеты Земля физико-химически едино. Этот закон – естественное следствие положения о материальном единстве живого и неживого вещества.

Из закона физико-химического единства живого вещества вытекают два важнейших для разумного природопользования вывода:

- вредное для одних видов живых организмов (существ) обязательно вредно и для других видов. Отсюда, если пестициды смертельны для одних организмов, то они не могут не оказывать вредного влияния на другие организмы. Различие состоит только в степени устойчивости видов к вредному агенту.

- живое вещество имеет сложную внутреннюю взаимосвязь, для каждого геологического периода как бы единую сеть жизни, в состав которой входит и биовид человека. Разрывы этой «сети» создают в ней «дыры», что снижает устойчивость биосферы. Поэтому сохранение видового разнообразия – гарант поддержания устойчивости биосферы.

**Закон константности** (сформулированный В. Вернадским): количество живого вещества биосферы (за определенное геологическое время) есть величина постоянная. Этот закон тесно связан с законом внутреннего динамического равновесия. По закону константности любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы неминуемо приводит к такой же по объему изменению вещества в другом регионе, только с обратным знаком. Следствием этого закона является правило обязательного заполнения экологических ниш.

**Правило обязательности заполнения экологических ниш.** Пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена, но иногда для этого требуется значительное время. Пример правила – возникновение новых заболеваний, например, типа СПИДа. СПИД был гипотетически предсказан учеными за 10 лет до выявления болезни как гриппоподобный вирус с высокой летальностью заболевших. Основанием для предсказания послужило то, что победа над многими инфекционными болезнями человека высвободила экологические ниши,

которые неминуемо должны быть заполнены. Только заполняются они вирусами, подверженными более значительной степенью изменчивости. Еще пример – в бамбучниках о. Сахалин нет мелких хищников, и их экологическую нишу заполнили серые крысы, приобретшие повадки хищников.

**Закон внутреннего динамического равновесия (В. И. Вернадский).** Вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных естественных систем и их иерархии очень тесно связаны между собой, так что любое изменение одного из показателей неминуемо приводит к функционально-структурным изменениям других, но при этом сохраняются общие качества системы – энергетические, информационные и динамические. Следствия действия этого закона обнаруживаются в том, что после любых изменений элементов естественной среды (вещественного состава, энергии, информации, скорости естественных процессов и т. п.) обязательно развиваются цепные реакции, которые стараются нейтрализовать эти изменения. Следует отметить, что незначительное изменение одного показателя может послужить причиной сильных отклонений в других и во всей экосистеме.

Изменения в больших экосистемах могут иметь необратимый характер, а любые локальные преобразования природы вызовут в биосфере планеты (то есть в глобальном масштабе) и в ее наибольших подразделениях реакции ответа, которые предопределяют относительную неизменность эколого-экономического потенциала. Искусственное возращание эколого-экономического потенциала ограничено термодинамической стойкостью естественных систем.

**Закон внутреннего динамического равновесия** – один из главнейших в природопользовании. Он помогает понять, что в случае незначительных вмешательств в естественную среду ее экосистемы превышают определенные границы (которые человеку следует хорошо знать) и уже не могут «угаснуть» в цепи иерархии экосистем (охватывают целые речные системы, ландшафты), они приводят к значительным нарушениям энерго- и биобаланса на значительных территориях и во всей биосфере.

**Закон биогенной миграции атомов** (или закон В.И. Вернадского). Миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется под превосходящим влиянием живого вещества, организмов. Так происходило и в геологическом прошлом, миллионы лет назад, так происходит и в современных условиях. Живое вещество или принимает участие в биохимических процессах непосредственно, или создает соответствующую, обогащенную кислородом, углекислым газом, водородом, азотом, фосфором и другими веществами, среду. Этот закон имеет важное практическое и теоретическое значение. В наше время люди влияют на состояние биосферы, изменяя ее физический и химический состав, условия сбалансированной веками биогенной миграции атомов. В будущем это послужит причиной очень отрицательных изменений, которые приобретают способность саморазвиваться и становятся глобальными, неуправляемыми (опустынивание, деградация грунта, вымирание тысяч видов организмов). С помощью этого закона можно сознательно и активно предотвращать развитие таких отрицательных явлений, руководить биогеохимическими процессами, используя «мягкие» экологические методы.

**Закон максимума биогенной энергии** (энтропии) (В.И. Вернадский, Э.С. Бауэр) – любая биологическая или биокосная система, находясь в динамическом равновесии с окружающей средой и эволюционно развиваясь, увеличивает свое воздействие на среду, если этому не препятствуют внешние факторы.

**Закон незаменимости биосферы.** Биосфера – это единственная система, обеспечивающая устойчивость среды обитания при любых возникающих возмущениях. Нет никаких оснований надеяться на построение искусственных сообществ, обеспечивающих стабилизацию окружающей среды в той же степени, что и естественные сообщества.

**Закон обратной связи взаимодействия в системе «человек – биосфера»** (П. Дансеро) – биосфера после прекращения воздействия на ее компоненты антропогенных факторов стремится восстановить свое состояние, то есть сохранить свое экологическое равновесие и устойчивость. Любое изменение в природной среде, вызванное хозяйственной деятельностью человека, бумерангом возвращается к человеку и

имеет нежелательные последствия, влияющие на экономику, социальную жизнь и здоровье людей.

**Закон развития экосистемы за счет окружающей среды.** Любая естественная система развивается лишь за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно – это вывод из законов термодинамики.

Важными являются следствия закона:

1. Абсолютно безотходное производство невозможно.
2. Любая более высокоорганизованная биотическая система в своем развитии есть потенциальная угроза для менее организованных систем. Поэтому в биосфере Земли невозможно повторное зарождение жизни – оно будет уничтожено уже существующими организмами.
3. Биосфера Земли, как система, развивается за счет внутренних и космических ресурсов.

**Закон 10 %**, пирамиды энергий (закон Линдемана). Среднемаксимальный переход с одного трофического уровня экологической пирамиды на другой 10 % (7–17 %) энергии (или вещества в энергетическом выражении), как правило, не ведет к неблагоприятным последствиям для экосистемы и теряющего энергию трофического уровня. Закон «10 %» действует только при переходе энергии с первого трофического уровня на второй, да и то не во всех случаях. Эффективность усвоения энергии в следующих звеньях пищевой цепи – от фитофагов к зоофагам или к хищникам высших порядков – может достигать 60 %. Поведение энергии подчиняется действию первого и второго законов термодинамики:

Первый закон – о сохранении количества энергии при переходе ее из одной формы в другую. Энергия поступает в систему извне с солнечным светом и усваивается продуцентами. Далее она частично используется консументами и симбиотрофами, частично редуцентами, и частично затрачена на дыхание. Если суммировать все эти фракции расхода энергии, то сумма будет равна той потенциальной энергии, которая накоплена при фотосинтезе.

Второй закон – о неизбежности рассеивания энергии при переходе ее из одной формы в другую. В соответствии с этим законом энергия

теряется при ее передаче по пищевым цепям. В наиболее общем виде эти потери отражает приведенный закон Линдемана.

**Закон ограниченности природных ресурсов.** Планета Земля конечна, поэтому все ее составные части также конечны. Термин неисчерпаемых природных ресурсов ошибочен. Даже солнечную энергию нельзя называть неисчерпаемым источником, т. к. ограничения накладываются самой энергетикой биосферы в соответствии с правилом одного процента.

**Закон обеднения** разнородного вещества в островных его сгущениях (закон Г. Ф. Хильми). Индивидуальная система, работающая в среде с уровнем организации, более низким, чем уровень самой системы, обречена на деградацию, так как, постепенно теряя свою структуру, система через некоторое время растворяется в окружающей среде. Из закона следует, что любые сложные биотические сообщества, сохраненные на незначительных пространствах, обречены на постоянную деградацию.

**Закон уменьшения энергоотдачи в природопользовании.** В процессе получения из естественных систем полезной продукции с течением времени (в историческом аспекте) на ее изготовление в среднем расходуется все больше энергии (возрастают энергетические затраты на одного человека). Так, ныне затраты энергии на одного человека за сутки почти в 60 раз больше, чем во времена наших далеких предков (несколько тысяч лет тому). Увеличение энергетических затрат не может происходить бесконечно, его можно и следует рассчитывать, планируя свои отношения с природой с целью их гармонизации.

**Закон экологической корреляции** (Ж. Кювье). В экосистеме, как и в любой другой системе, все виды живого вещества и абиотические экологические компоненты функционально отвечают один другому. Выпадение одной части системы (вида) неминуемо приводит к выключению связанных с ею других частей экосистемы и функциональных изменений.

**Закон максимизации энергии** (закон Г. и Ю. Одумов). Выживание (сохранение) одной системы в соперничестве с другими определя-

ется наилучшей организацией поступления в нее энергии и использования максимального количества этой энергии наиболее эффективным способом. С этой целью система: 1) создаёт накопители (хранилища) высококачественной энергии; 2) затрачивает часть накопленной энергии на обеспечение поступления новой энергии; 3) обеспечивает кругооборот различных веществ; 4) создаёт механизмы регулирования, поддерживающие устойчивость системы и её способность приспособления к изменяющимся условиям; 5) налаживает с другими системами обмен, необходимый для обеспечения потребностей в энергии специальных видов.

Фактором, ограничивающим предельную метаболическую мощность биосферы, является внешняя энергия - энергия радиации Солнца, на значение которой биота Земли не может оказать воздействия и должна приспосабливаться. Какая доля от внешней энергии будет составлять метаболическую мощность биосферы, определяется её биотой. В соответствии с законом максимизации энергии биота Земли стремится достигнуть максимально возможной метаболической мощности при постоянном значении внешней энергии, доведя до возможного максимума валовую продукцию биосферы. Достигается это за счет оптимизации состава продуцентов -растительного царства биоты. При определенной, постоянной в целом для биосферы, доступности биогенов и воды, валовая продукция биоты составляет постоянную величину. Постоянство продукции биоты Земли во времени может быть обеспечено только при постоянстве количества биогенов в окружающей среде. При отсутствии мощных потоков биогенов извне такое постоянство количества биогенов в биосфере может поддерживаться только при постоянной их регенерации и замкнутости круговорота вещества в биосфере. Такая регенерация биогенов осуществляется в результате разложения образующихся органических продуктов фотосинтеза в процессе дыхания всех организмов биосферы.

**Закон однопавленности потока энергии** – энергия, получаемая сообществом (экосистемой) и усваиваемая продуцентами, рассеивается или вместе с их биомассой необратимо передается консументам, а затем редуцентам с падением потока на каждом трофическом уровне.

Поскольку в обратный поток (от редуцентов к продуцентам) поступает ничтожное количество изначально вовлеченной энергии (менее 0,25 %), говорить о «круговороте энергии» нельзя; существует лишь круговорот веществ, поддерживаемый потоком энергии.

**Правило А. Уоллеса** – по мере продвижения с севера на юг видовое разнообразие увеличивается, т. к. северные биоценозы исторически моложе и испытывают недостаток солнечной энергии.

**Экологическое правило Шварца** – каждое изменение условий существования прямо или косвенно вызывает соответствующие перемены в способах реализации энергетического баланса организма.

**Закон оптимальности** – любая система с наибольшей эффективностью функционирует в некоторых характерных для нее пространственно-временных пределах. То есть никакая система не может сужаться и расширяться до бесконечности, т. е. размер любой системы должен соответствовать ее функциям. Например, млекопитающее не может быть мельче или крупнее тех размеров, при которых оно способно рождать живых детенышей и вскармливать их молоком. Никакой целостный организм не может превысить критические размеры, обеспечивающие поддержание его энергетики.

**Закон сохранения жизни** – жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потока веществ, энергии, информации.

**Правило экологического дублирования** – исчезнувший или уничтоженный вид в рамках одного уровня экологической пирамиды заменяет другой, аналогичный. В этой схеме мелкий вид заменяет крупного, ниже организованный более высоко организованного, более генетически лабильный – менее генетически изменчивого. Особи измельчаются, но общая биомасса увеличивается.

**Закон сукцессионного замедления** – процессы, идущие в зрелых равновесных системах, находящихся в устойчивом состоянии, как правило, проявляют тенденцию к снижению темпов.

**Принцип «нулевого» максимума** – экосистема в своем сукцессионном развитии стремится к образованию наибольшей биомассы и наименьшей биологической продуктивности. Климатические экосисте-

мы, как правило, обладают максимальной биомассой и минимальной продуктивностью.

**Закон убывающего естественного плодородия** – каждое последующее прибавление для организма фактора дает меньший эффект, чем результат, полученный от предшествующей дозы того же фактора. Или: в связи с постоянным изъятием урожая (а потому химических веществ из почвы), нарушением естественных процессов почвообразования, а также из-за постепенного самоотравления почв при возделывании монокультур, происходит снижение естественного плодородия.

**Закон хиральной чистоты живого** (от греч. *heir* – рука) – живое вещество состоит только из хирально чистых структур. Молекулы сахаров, входящих в состав биополимеров (например, ДНК, РНК), содержащихся в живых организмах, представляют собой так называемые D-изомеры (правовращающие стереоизомеры, которые поляризуют проходящий свет вправо). Структурные формулы D- и L-изомеров отличаются как правая и левая рука. В неживых системах число право- и левовращающих изомеров примерно одинаково. Л. Пастер еще в середине XIX в. открыл оптическую изомерию и обнаружил, что плесневые грибы избирательно поглощают один из стереоизомеров. Этот закон особо важен при изготовлении лекарственных средств, пищевых добавок.

**Закон шагреневой кожи** (Н.Ф. Реймерс) – глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается.

**Закон эмерджентности** – целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у его частей.

**Правило биологического усиления.** Накопление живыми организмами ряда химических неразрушающихся веществ (пестициды, радионуклиды и др.), ведущее к биологическому усилению их действия по мере прохождения в биологических циклах и по пищевым цепям. В наземных экосистемах с переходом на каждый трофический уровень происходит по крайней мере 10-кратное увеличение концентрации токсических веществ. В водных экосистемах накопление многих токсических веществ (например, хлорсодержащих пестицидов) коррелирует с массой жиров (липидов). Могут вызвать мутагенный, канцерогенный,



летальный и другие эффекты. Кроме того, такие загрязнители могут образовывать другие ядовитые вещества в окружающей среде. Накопленные вещества могут вызвать мутагенный, тератогенный, канцерогенный, летальный и др.

**Правило Дарлингтона.** Уменьшение в десять раз замкнутой (островом, оградой) площади обитания животных сокращает число живущих на ней видов вдвое. Поэтому все млекопитающие, птицы, особенно хищные, строго обозначают границы своего обитания и старательно их берегут, вступают даже в смертельные схватки.

**Правило Гаузе.** Два вида не могут существовать на одной и той же территории, если их экологические потребности одинаковы, или иначе, они занимают одну экологическую нишу. Из правила следует, что природа разобщила животных с одинаковыми экологическими потребностями в пространстве или во времени. Если в природе создается ситуация, когда нет возможности разобщения, один из видов либо формирует для себя новую экологическую нишу, либо исчезает.

**Правило Бергмана (1847)** По мере удаления от полюсов к экватору размеры близких в систематическом отношении животных с постоянной температурой тела увеличиваются, а с постоянной – уменьшаются.

**Правило Глогера (1833 г.)** – виды животных, обитающих в холодных и влажных зонах, имеют более интенсивную пигментацию тела (чаще черную или темно-коричневую), чем обитатели теплых и сухих областей. Это позволяет им аккумулировать достаточное количество тепла.

**Правило Аллена (1877):** У животных с постоянной температурой тела в холодных климатических зонах наблюдается тенденция к уменьшению площади выступающих частей тела, поскольку они отдают в окружающую среду наибольшее количество тепла тела и помогает излучению тепла.

**Правило географического оптимума** – в центре ареала вида наблюдаются оптимальные условия для его существования, которые ухудшаются к периферии.

**Правило Вант-Гоффа:** скорость биологических процессов возрастает в 2–3 раза при повышении температуры на каждые 10° С.

**Биоклиматический закон** (закон А. Холкинса, 1918 г.): существует закономерная, тесная связь развития фенологических явлений с широтой, долготой и высотой над уровнем моря - по мере продвижения на север, восток и в горы время наступления периодических явлений (как цветения, плодоношения, сбрасывания листвы) в жизнедеятельности организмов запаздывает на 4 дня на каждый градус широты, 5 градусов долготы и примерно на 100 м высоты.

**Закон биогенетический** (Э. Геккель, Ф. Мюллер) – онтогенез (индивидуальное развитие) организма есть краткое повторение филогенеза (предковых форм) данного вида, т. е. индивид в своем развитии повторяет сокращенно историческое развитие своего вида.

**Закон единства** «организм – среда» – жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.

**Закон исторического саморазвития биосистем** (Э. Бауэр) – развитие биологических систем есть результат увеличения их внешней работы, т.е. воздействия этих систем на окружающую среду.

**Закон давления жизни** (ограниченного роста, Ч. Дарвин) – имеются ограничения, препятствующие тому, чтобы потомство одной пары особей, размножаясь в геометрической прогрессии, заполнило всю Землю.

**Закон больших чисел** – совокупное действие большого числа случайных факторов приводит при некоторых общих условиях к результату, почти не зависящему от случая.

**Аксиома адаптированности** (Ч. Дарвин) – каждый вид адаптирован к строго определенной, специфичной для него совокупности условий существования.

**Аксиома об иерархической структуре биосферы** (В.Б. Сочава) – биосфера представляет собой систему, организованную в виде множества подсистем различного уровня.

**Закон неравномерности развития** частей системы – система одного уровня развивается не строго синхронно: в то время как один достигает более высокой стадии развития, другие остаются в менее развитом состоянии.

## 6.2. Основные закономерности действия экологических факторов

«**Закон ограничивающего фактора**» был вначале сформулирован немецким агрохимиком, одним из основоположников агрохимии Юстусом Либихом в 1840 году. Ю. Либих изучал влияние разнообразных факторов на рост растений и установил, что урожай зерна часто лимитируется не теми питательными веществами, которые требуются в больших количествах, например, как двуокись углерода и вода, а теми, которые требуются в малых количествах (например, бор), но которых и мало в почве. Ю. Либих выдвинул принцип: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай». Этот принцип получил широкую известность как **закон минимума Ю. Либиха**. Согласно этому закону относительное действие отдельного экологического фактора тем сильнее, чем больше он находится по сравнению с другими факторами в минимуме (рис. 3).

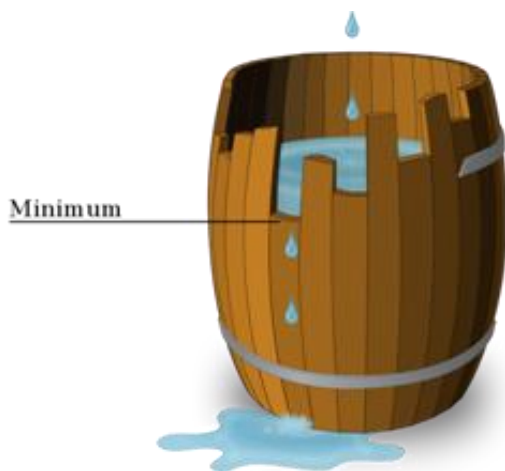


Рис. 3. Модель, иллюстрирующая закон Либиха («Бочка Либиха»)

Закон Ю. Либиха показывает на один из аспектов зависимости организмов от среды, он строго применим в условиях стационарного

состояния системы. Если условия среды будут изменяться, то тот или иной процесс также изменится, и будет зависеть от других факторов.

В 1909 году Ф. Блэкман дополнил закон минимума, расширив понятие ограничивающих факторов: факторы среды, имеющие пессимальное значение, т. е. наиболее удаляющиеся от оптимума, особенно затрудняют (ограничивают) возможность существования вида в данных условиях, несмотря на оптимальное сочетание остальных условий. Такие отклоняющиеся от оптимума факторы приобретают первостепенное значение в жизни вида или отдельных особей, определяя их географический ареал. Выявление ограничивающих факторов очень важно в практике сельского хозяйства для установления экологической устойчивости, особенно в наиболее уязвимые (критические) периоды онтогенеза животных и растений. Так, распространение многих видов на север ограничивает недостаток тепла, а на юг – недостаток влаги, и эти факторы являются ограничивающими. Изменить конечный результат можно воздействуя только на ограничивающий фактор.

Ю. Одум дополнил закон Либиха двумя принципами. Первый был им назван ограничительным. В соответствии с ним, закон Либиха действует лишь в стационарных условиях, когда приток и отток энергии в систему сбалансированы. Такое вряд ли возможно в условиях природных экосистем. Второй принцип основан на взаимном действии различных факторов на организм, и, следовательно, если количества или силы воздействия одного фактора недостаточно, то при суммарном воздействии эта недостаточность может компенсироваться действием других экологических факторов.

Изучая различное лимитирующее действие экологических факторов американский зоолог Виктор Эрнест Шелфорд (1877–1968), пришел к выводу, что лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток факторов. В экологию такое положение вошло как **закон толерантности В. Шелфорда**, сформулированный в 1913 году. Согласно которому «лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть, как минимум, так и максимум экологического воздействия». Под ограничивающим фактором понимают фактор, уровень которого в качественном и количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости

данного организма. *Пределами выносливости* называют минимальное и максимальное значение фактора, при котором возможна жизнедеятельность. Границы, за пределами которых наступает гибель организмов, являются нижними и верхними границами выносливости. Ширина экологической амплитуды по отношению к разным факторам бывает различной. Экологические возможности организмов зависят, прежде всего, от наследственных особенностей. Существенное значение в воздействии экологических факторов на организмы имеет и их интенсивность. Для каждого экологического фактора существует благоприятная интенсивность воздействия, называемая зоной оптимума. При такой интенсивности действия фактора наблюдаются наилучшие условия для жизнедеятельности организмов. Чем больше действие фактора отклоняется от оптимальной для данного вида величины, тем сильнее угнетается его жизнедеятельность. Интенсивность экологического фактора, дающая наихудший эффект, приходится на зону угнетения (пессимума). В этом случае организм еще может существовать. Вместе с тем, есть крайние границы его существования, действия того или иного фактора (минимум и максимум). Минимальное и максимальное значения какого-либо фактора – это крайние точки, за пределами которых существование организмов невозможно (рис. 4).



Рис. 4. Схема действия экологических факторов

Способность организмов выносить отклонения экологических факторов от оптимальных величин их интенсивности называется экологической толерантностью (тождественно экологической выносливостью). Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий диапазон в отношении другого. Если условия по одному из экологических факторов не оптимальны для вида, то может сузиться и диапазон толерантности к другим экологическим факторам.

Чтобы выразить степень выносливости, в экологии существует ряд терминов, в которых используют приставки *стено-* (узкий) и *эври-* (широкий). Виды, которые выдерживают значительные отклонения от оптимальных значений разных факторов, обладают широким диапазоном выносливости и живут в различных, порой резко отличающихся друг от друга условиях среды, называются эврибионтными. Свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды обозначается понятием экологическая пластичность (экологическая валентность) вида. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого данный вид может существовать, тем больше его экологическая пластичность, тем шире диапазон его толерантности (выносливости). Экологически непластичные, то есть маловыносливые виды, являются стенобионтными, более выносливые – эврибионтными. Стенобионтность и эврибионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. Виды, длительно развивавшиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенобионтности, в то время как виды, существовавшие при значительных колебаниях факторов среды, приобретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными, то есть видами с широким диапазоном толерантности. Экологическая валентность вида всегда шире экологической валентности особи.

В 1975 году Ю. Одум дополняет закон Шелфорда четырьмя принципами, в соответствие с которыми:

- организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий в отношении другого;
- организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее широко распространены;

- если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов;

- многие факторы становятся лимитирующими для организма в критические периоды его жизни, особенно в период размножения, а также в периоды младенчества или старости и во время болезни.

**Закон совокупности (совместного) действия природных факторов** (Э. Митчерлих, А. Тинеман, Б. Бауле) – благополучие вида, популяции, организма зависит не от отдельного, пусть даже лимитирующего, фактора, но от всей совокупности экологических факторов одновременно.

### *6.2.1. Закономерности совокупного действия экологических факторов*

Действие экологических факторов и ответные реакции организмов многообразны и зависят от многих параметров, они могут быть описаны следующим законами:

**Закон относительности действия экологического фактора** – особенности воздействия фактора на организм зависят от его количества и от того, в сочетании с какими другими факторами он действует;

**Закон взаимодействия факторов** – пределы выносливости организма могут смещаться в зависимости от сочетания одновременно действующих факторов. Например, жара лучше переносится в сухом климате, а не во влажном;

**Закон относительной заменяемости и абсолютной незаменимости** экологических факторов – недостаток или избыток экологического фактора может быть возмещен действием других экологических факторов, однако, если этот фактор является обязательным условием жизни для организма заменить его невозможно;

**Закон неоднозначности действия фактора** на разные функции организма – оптимум для одних процессов, протекающих в организме особи, является пессимумом для других. Например, высокая температура воздуха вызывает оцепенение у рептилий;

**Закон разнообразия индивидуальных реакций** на факторы среды – оптимум и пессимум воздействия фактора на организмы разных особей не совпадают в силу генетических и фенотипических различий последних;

**Закон относительной независимости приспособления организмов** к разным факторам – организмы устойчивые к действию одного экологического фактора, могут быть неустойчивы к действию другого фактора. Например, эвритермные виды могут быть неустойчивы к высокой влажности воздуха, или к засоленным почвам;

**Закон несовпадения экологических спектров** разных видов – каждый вид специфичен по своим экологическим возможностям. Даже у близкородственных видов адаптации к среде могут быть различными;

Выявление лимитирующих факторов и устранение их ограничивающего действия или оптимизация среды для организмов составляет важную практическую задачу в рациональном использовании природных ресурсов.

### ***6.2.2. Закономерности взаимодействия организма и экологических факторов в изменяющихся условиях***

**Принцип минимальной амплитуды:** при прочих равных условиях оптимальным является минимальная амплитуда колебания лимитирующих факторов.

**Правило экологической индивидуальности вида** (1924, Раменский Л.Г.) Каждый вид специфичен по своим экологическим потребностям. Каждый вид индивидуально распределяется по экологическим факторам, кривые распределений разных видов перекрываются, но их оптимумы различаются. По этой причине при изменении условий среды в пространстве или во времени состав экосистем изменяется постепенно. Важным следствием принципа экологической индивидуальности видов является постепенность изменения состава растительных сообществ и экосистем вдоль градиентов среды и во времени т. е. в ходе сукцессии. Такие постепенные изменения называются континуумом



(непрерывностью). **Концепция континуума** была сформулирована в начале XX в. независимо двумя учеными - россиянином Л.Г. Раменским и американцем Г. Глисоном (H. Gleason). Во второй половине XX в. наибольший вклад в ее развитие внесли Р. Уиттекер (R. Whittaker), Дж. Кертис (J. Curtis), Р. Макинтош (R. McIntosh) и М. Остин (M. Austin).

Различают континуумы двух типов: экоклин и экотон. Экоклин – это абсолютный континуум, внутри которого на градиенте не выделяются зоны быстрого и медленного изменений видового состава сообществ. Этот тип континуума наблюдается в тех случаях, когда изменение состава сообществ происходит без смены жизненной формы растений, т. е. в пределах одного типа растительности – луговой, степной или лесной. Смена состава растительных сообществ на градиенте происходит постепенно и провести границы между сообществами, соответствующими разным условиям засоления почвы, можно только условно.

Экотон – это тип континуума, при котором на градиенте формируются два более или менее однородных сообщества, связанных зоной быстрого и видимого на глаз перехода. При этом за счет наложения видовых комбинаций видов контактирующих сообществ возможен экотонный эффект, т. е. повышение видового богатства.

**Правило замещения экологических условий** (1931, Алехин В.В.) – любое условие среды в некоторой степени может замещаться другим; следовательно, внутренние причины экологических явлений при аналогичном внешнем эффекте могут быть различными.

**Правило предварения** (1951, Алехин А.С.). При продвижении с севера на юг в распределении растительности наблюдаются предваряющие изменения, широко распространенные виды на юге произрастают на северных склонах, а на севере встречаются только на южных.



Рис. 5. Схема правила предварения

**Принцип стациальной верности** (Г.Я. Бей-Биенко). Виды и слагающие их популяции избирательно относятся к факторам среды, и поэтому они заселяют строго определенные места обитания с соответствующими экологическими условиями. Участок территории, занятый популяцией вида, и характеризующийся определенными экологическими условиями – стация. Каждый вид имеет свой набор стаций. В пределах одной зоны и временного периода вид занимает одни стации. Свойство видов избирательно заселять те или иные стации - принцип стациальной верности. Этот принцип применяется только в условиях ограниченного пространства и времени. В широком диапазоне пространства и времени проявляется иная тенденция – закономерная смена места обитания видами и популяциями, получившая название **правило смены местообитаний**.

Сезонная смена стаций происходит при изменениях микроклимата в течение одного сезона. Годичная смена стаций происходит при отклонении погодных условий от среднегодовой нормы. В пространстве правило смены места обитания выражается в зональной и вертикальной смене стаций и в зональной смене ярусов, а во времени - в сезонной и годичной смене стаций. Зональная смена стаций проявляется в закономерно направленном изменении места обитания при переходе вида из одной природной зоны в другую. Вертикальная смена стаций аналогична зональной, но характерна для горных условий. Зональная смена ярусов проявляется в том, что многие виды при продвижении на север перемещаются из более высокого яруса в более низкий, а некоторые в сравнительно сухих зонах становятся обитателями почвы, т. е. в разных зонах одни и те же виды занимают неодинаковые ярусы (**правило смены ярусов**, Гиляров М.С.).

**Правило соответствия условий среды генетической предопределенности организма** – вид может существовать до тех пор, пока окружающая его среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям (богатству генофонда).

### **6.3. Общие закономерности и принципы взаимодействия человеческого общества с природной средой**

Проанализировав накопленные предшественниками знания о фундаментальных законах природы, современные ученые экологи установили общие закономерности и принципы взаимодействия человеческого общества с природной средой, которые в литературе часто именуются законами экологии. Их значение состоит в регламентации характера и направленности человеческой деятельности в пределах экосистем различного уровня. Наибольшую известность благодаря ярким формулировкам получили четыре закона-афоризма американского ученого-эколога Б. Коммонера (1974):

1. «все связано со всем» – о всеобщей связи вещей и явлений в природе;
2. «все должно куда-то деваться» – закон сохранения;
3. «ничто не дается даром» – о цене развития;
4. «природа знает лучше» – о главном критерии эволюционного отбора.

Из закона «все связано со всем» вытекает несколько следствий:

- закон больших чисел: совокупное действие большого числа случайных факторов приводит к результату, почти не зависящему от случая, т.е. имеющему системный характер. Так, мириады бактерий в почве, воде и телах живых организмов создают особую, относительно стабильную микробиологическую среду, необходимую для нормального существования всего живого; случайное поведение большого числа молекул в некотором объеме газа обуславливает вполне определенные значения температуры и давления;
- принцип Ле Шателье (Брауна): при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в направлении, при котором эффект внешнего воздействия уменьшается. На биологическом уровне данный принцип реализуется в виде способности экосистем к саморегуляции;

- закон оптимальности: любая система функционирует с наибольшей эффективностью в некоторых характерных для нее пространственно-временных пределах.

Из закона «все должно куда-то деваться» вытекают, по меньшей мере, два постулата, имеющих практическое значение:

- закон развития системы за счет окружающей ее среды: любая природная или общественная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно;

- закон неустранимости отходов или побочных воздействий производства: образующиеся в процессе производственной деятельности отходы неустранимы бесследно, они могут быть лишь переведены из одной формы в другую или перемещены в пространстве, а их действие – растянуто во времени. Таким образом, принципиально исключается возможность безотходного производства и потребления в современном обществе.

Материя не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую, оказывая влияние на жизнь.

Закон «ничто не дается даром» означает, что любое новое приобретение в эволюции экосистемы обязательно сопровождается утратой какой-то части прежнего достояния и возникновением новых, все более сложных проблем. К примеру, с появлением многоклеточных организмов (грибов, растений, животных) и выходом их на сушу во много раз увеличилось биоразнообразие планеты, началось освоение экологических ниш и формирование биосферы Земли. Но вместе с «многоклеточностью» к живым существам пришли старость и болезни, в том числе инфекции, злокачественные опухоли, паразитизм. Из этого закона вытекают три следствия:

1. Закон необратимости эволюции (однаправленности развития): большие системы эволюционируют только в одном направлении – от простого к сложному; инволюция, регресс могут относиться только к отдельным частям или некоторым периодам развития системы;

2. Правило ускорения эволюции: с усложнением организации систем темпы эволюции возрастают. Это в равной степени относится к сменяемости видов в эволюции органического мира, к человеческой истории и к развитию техники;

3. Следствие «не существует бесплатных ресурсов»: пространство, энергия, солнечный свет, вода, какими бы неисчерпаемыми они ни казались, неукоснительно оплачиваются любой расходуемой их системой.

Б. Коммонер писал: «...глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которое не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать; он может быть только отсрочен. Нынешний кризис окружающей среды говорит о том, что отсрочка очень затянулась».

Закон «природа знает лучше» определяет, прежде всего, то, что может и что не должно иметь места в биосфере. Все в природе — от простых молекул до человека — прошло жесточайший отбор на право существования. Сегодня планету населяет лишь одна тысячная часть испытанных эволюцией видов растений и животных. Главный критерий этого эволюционного отбора — вписанность в глобальный биотический круговорот, заполненность всех экологических ниш. У любого вещества, выработанного организмами, должен существовать разлагающий его фермент, и все продукты распада должны вновь вовлекаться в круговорот. С каждым биологическим видом, который нарушал этот закон, эволюция рано или поздно расставалась.

Человеческая индустриальная цивилизация грубо разорвала замкнутость биотического круговорота в глобальном масштабе, что не может остаться безнаказанным. В этой критической ситуации должен быть найден компромисс, что под силу только человеку, обладающему разумом и готовностью к уступкам.

К законам-афоризмам Коммонера современные экологи добавили еще один — закон «на всех не хватит» (закон ограниченности ресурсов). Очевидно, что масса питательных веществ для всех форм жизни на

Земле конечна и ограничена. Ее не хватает на вновь появляющихся в биосфере представителей органического мира, поэтому значительное увеличение численности и массы каких-либо организмов в глобальном масштабе может происходить только за счет уменьшения численности и массы других.

На противоречие между скоростью размножения и ограниченностью ресурсов питания применительно к народонаселению планеты впервые в 1798 г. обратил внимание английский экономист Т.Р. Мальтус, который именно этим пытался обосновать неизбежность социальной конкуренции. В свою очередь Ч. Дарвин заимствовал у Мальтуса понятие «борьба за существование» для объяснения механизма естественного отбора в живой природе.

«На всех не хватит» – источник всех форм конкуренции, соперничества и антагонизма в природе и, к сожалению, в обществе. Классовая борьба, расизм, межнациональные конфликты не могут рассматриваться как чисто социальные явления, поскольку своими корнями они уходят во внутривидовую конкуренцию, принимающую иногда гораздо более жестокие формы, чем у животных. Существенное различие в том, что в природе в результате конкурентной борьбы выживают лучшие, а в человеческом обществе – не всегда.

Свою **обобщенную классификацию экологических законов** представил известный российский ученый Н.Ф. Реймерс:

- закон социально-экологического равновесия, утверждающий необходимость сохранения равновесия между давлением на среду и восстановлением этой среды, как природным, так и искусственным;
- принцип культурного управления развитием, обуславливающий наложение ограничений на экстенсивное развитие и учет экологических ограничений;
- правило социально-экологического замещения, определяющее необходимость выявления путей замещения человеческих потребностей;
- закон социально-экологической необратимости, обосновывающий невозможность поворота эволюционного движения вспять – от сложных форм к более простым;

- закон ноосферы В.И. Вернадского, постулирующий неизбежность трансформации биосферы под влиянием мысли и человеческого труда в ноосферу – геосферу, в которой разум становится доминирующим фактором в развитии системы «человек–природа».

Соблюдение этих законов возможно при условии осознания человеком своей роли в механизме поддержания стабильности биосферы. Известно, что в процессе эволюции сохраняются лишь виды, которые способны обеспечивать устойчивость жизни и окружающей среды. Только человек, используя силу своего разума, может направить дальнейшее развитие биосферы по пути сбережения дикой природы, сохранения цивилизации и человечества, создания более справедливой социальной системы и перейти от философии войны к философии мира и партнерства, уважения к будущим поколениям. Таковы составляющие нового биосферного мировоззрения, которое должно стать общечеловеческим.

#### **6.4. Экологические принципы управления природой**

**Правило естественности или «мягкого» управления природой.** Любое вмешательство в природу должно производиться с точным расчетом и предвидением возможных последствий на десятилетия вперед. Естественное «мягкое» управление природой заключается в опосредованном, направляющем, восстанавливающем экологический баланс управлении природными процессами с вызовом желательных природных цепных реакций. В отношении людей к природе существуют два подхода – «жесткий» и «мягкий». «Жесткое» отношение к природе, перегрузка экосистем приводят к деградации природы – каналы, мелиорация, сплошная рубка леса, химическая обработка лесов и посевов. Пример «мягкого» отношения к природе – выборочная рубка леса.

**Правило 1 %.** Изменение энергетики природной системы в пределах 1 % выводит природную систему из равновесного состояния. Все

крупномасштабные явления на поверхности Земли (циклоны, вулканы, и т. д.) имеют суммарную энергетику 1 % от солнечного излучения, падающего на Землю. Переход энергетики процесса за это значение обычно приводит к существенным аномалиям – резким климатическим отклонениям, переменам в характере растительности, крупным лесным и степным пожарам.

**Принципы (правила) рационального природопользования:**

Правило прогнозирования: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе предвидения и максимально возможного предотвращения негативных последствий природопользования;

Правило повышения интенсивности освоения природных ресурсов: использование природных ресурсов должно производиться на основе повышения интенсивности освоения природных ресурсов, в частности с уменьшением или устранением потерь полезных ископаемых при их добыче, транспортировке, обогащении и переработке;

Правило множественного значения объектов и явлений природы: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом интересов разных отраслей хозяйства;

Правило комплексности: использование природных ресурсов должно реализовываться комплексно, разными отраслями народного хозяйства;

Правило региональности: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом местных условий;

Правило косвенного использования и охраны: использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может приносить ему вред;

Правило единства использования и охраны природы: охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью;

Правило приоритета охраны природы над ее использованием: при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности над экономической выгодностью.



**Экологический императив** (от латинского – требование, приказ, закон): общезначимое нравственное предписание, в противоположность личному принципу, безусловный принцип поведения. Понятие об экологическом императиве было предложено и развито академиком Н.Н. Моисеевым. Согласно экологическому императиву, «правильно то, что не нарушает существующее в природе равновесие», характеризует запретную черту во взаимодействии с природой, преступать которую человечество не имеет права ни при каких обстоятельствах, при этом экологическая целесообразность должна превалировать над экономической, политической или военной.

## 7. Задания для самоконтроля

### 7.1. Тесты

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Термин «экология» был введен в научный обиход в 1866 г.:

- а) Ю. Либихом;
- б) В. В. Докучаевым;
- в) Э. Геккелем;
- г) Н. А. Северцевым.

2. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Общая экология – это наука, изучающая:

- а) общенаучные методы познания действительности;
- б) конкретные группы живых организмов и их связи со средой обитания;
- в) совокупность организмов вместе с окружающей средой;
- г) реакции компонентов окружающей среды на антропогенные воздействия.

3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Синэкология занимается изучением:

- а) связей отдельных организмов с окружающей средой;
- б) связей отдельных видов с окружающей средой;
- в) структуры и функционирования популяций;
- г) структуры и функционирования природных сообществ и экосистем.

4. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Наука о взаимодействии с окружающей средой биосферы называется:

- а) социальной экологией;
- б) глобальной экологией;
- в) урбоэкологией;
- г) общей экологией.

5. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. К направлениям инженерной экологии относятся:

- а) агроэкология;
- б) биоресурсная экология;
- в) экологическая эргономика;
- г) транспортная экология;
- д) промышленная экология.

6. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. Экология как наука решает следующие задачи:

- а) консервация эталонных участков биосферы;
- б) создание научной основы рационального природопользования;
- в) экологическая индикация свойств и компонентов среды;
- г) обоснование перехода от хозяйства к промыслу;
- д) регуляция численности человечества на Земле.

7. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Математическими моделями, учитывающими случайные параметры, имеющиеся в реальных системах, являются:

- а) детерминистские модели;
- б) стохастические модели;
- в) оптимизационные модели;
- г) игровые модели.

8. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. К методам экологических исследований относятся:

- а) закладка и описание пробных площадей и учетных площадок;
- б) мечение животных;
- в) эксперименты в природных условиях;
- г) математическое моделирование;
- д) модифицированные методы физиологии.

9. Восстановите правильную последовательность этапов построения математических моделей:

1. разработка математической теории, описывающей изучаемые процессы;
2. изучение реальных явлений, которые нужно смоделировать;
3. расчет на основе модели и сличение результатов с действительностью.

10. Восстановите правильную последовательность этапов системного анализа решения практических экологических задач:

1. моделирование;
2. оценка возможных стратегий;
3. внедрение результатов;
4. выбор проблемы;
5. выбор путей решения задач;
6. постановка задачи и ограничение степени ее сложности;
7. установление иерархии целей и задач.

11. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Закон ограничивающих факторов был сформулирован в 1909 г.:

- а) Ю. Либихом;
- б) В. Шелфордом;
- в) Ю. Одумом;
- г) Ф. Блэкманом.

12. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).

1. Согласно правилу одного процента, изменение энергетики природной системы в пределах 1 % не выводит ее из равновесного состояния;
2. Наилучшими шансами на самосохранение обладает система, которая в наименьшей степени способствует поступлению извне энергии и информации;
3. Одни факторы могут усиливать или смягчать силу действия других факторов среды;
4. Выносливость организма определяется наиболее сильным звеном в цепи его экологических потребностей.

13. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Закон минимума был сформулирован:

- а) Э. Геккелем;
- б) Ю. Либихом;
- в) В. Шелфордом;
- г) В. В. Докучаевым.

14. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).

1. Лимитирующими могут быть лишь некоторые факторы среды;
2. Закон минимума впервые был сформулирован в отношении сельскохозяйственных животных;
3. В настоящее время закон минимум практикуется шире как принцип стимулирующих факторов;
4. Экологическая валентность вида всегда уже толерантности каждой отдельной особи.

15. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).

1. Жару легче переносить в сухом, а не во влажном воздухе;
2. Экологические факторы могут до определенных пределов компенсировать друг друга;
3. Каждый биологический вид имеет свою экологическую нишу;
4. Экологическая ниша показывает, как вид использует свое местообитание.

16. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. Экологическая ниша вида:

- а) определяет распространение и роль вида в сообществах;
- б) исключительно характеризует среду обитания данного вида;
- в) подразделяется на фундаментальную и вариативную;
- г) характеризует все стороны образа жизни данного вида;
- д) только указывает, как вид использует свое местообитание.

17. Экологической популяцией называется:

- а) группа особей, заселяющих территорию с географически однородными условиями;
- б) внутривидовая группировка, приуроченная к конкретным биогеоценозам;
- в) внутривидовая группировка, охватывающая несколько биогеоценозов в данной географической зоне;
- г) совокупность особей вида, занимающих небольшой участок однородной площади.

18. Группировки совместно обитающих и взаимно связанных организмов разных видов называются:

- а) популяциями;
- б) биоценозами;
- в) биогеоценозами;
- г) экосистемами.

19. Термин «биоценоз» был предложен в 1877 г.:

- а) А. Тенсли;
- б) В. Н. Сукачевым;
- в) Ф. Клементсом;
- г) К. Мёбиусом.

20. Условием устойчивого развития биосферы является:

- а) большая биомасса;
- б) видовое разнообразие;
- в) естественный отбор;
- г) заполнение экологических ниш.

21. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).

- 1. Гетеротрофы нуждаются в поступлении таких неорганических соединений, как кислород и вода;
- 2. Запасов неорганических соединений в любом местообитании хватает на бесконечно долгое время;
- 3. В экосистемах поток атомов вызывается жизнедеятельностью организмов;
- 4. Экосистема – понятие, применимое только к участкам суши, занятым определенными фитоценозами.

22. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Учение об экосистемах было создано в 1935 г.:

- а) А. Тенсли;
- б) В. Н. Сукачевым;
- в) Ф. Клементсом;
- г) К. Мёбиусом.

23. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Учение о биогеоценозах было создано в 1942 г.:

- а) А. Тенсли;
- б) В. Н. Сукачевым;
- в) Ф. Клементсом;
- г) К. Мёбиусом.

24. Абиотическая часть биоценоза называется:

- а) экотипом;
- б) экотопом;
- в) геоценозом;
- г) биоценозом.

25. Роль продуцентов в экосистемах заключается:

- а) в создании запаса неорганических соединений;
- б) в разложении мертвого органического вещества;
- в) в потреблении готового органического вещества;
- г) в создании органического вещества за счет неорганических соединений.

26. Роль редуцентов в экосистемах заключается:

- а) в создании запаса неорганических соединений;
- б) в разложении мертвого органического вещества;
- в) в потреблении готового органического вещества;
- г) в создании органического вещества за счет неорганических соединений.

27. Роль консументов в экосистемах заключается:

- а) в создании запаса неорганических соединений;
- б) в разложении мертвого органического вещества;
- в) в потреблении готового органического вещества;
- г) в создании органического вещества за счет неорганических соединений.

28. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).

- 1. Основная часть потребляемой с пищей энергии у консументов идет на ростовые процессы;

2. Согласно закону Р. Линдемана, потери энергии в цепях питания при каждом акте ее передачи составляют 10 %;
3. Запас энергии, накопленный зелеными растениями, в цепях питания способен пополняться;
4. Экосистема может функционировать за счет притока в нее готовых органических веществ.

29. На долю ястреба-змеяда в пищевой цепи *нивяник* → *бабочка* → *воробей* → *уж* → *ястреб-змеяд* приходится от первоначальных 100 % энергии:

- а) 10 %; б) 1 %; в) 0,1 %; г) 0,01 %.

30. Согласно правилу биологического усиления, концентрация токсических веществ в пищевой цепи:

- а) уменьшается при переходе от одного трофического уровня к другому в 5 раз;
- б) уменьшается при переходе от одного трофического уровня к другому в 10 раз;
- в) увеличивается при переходе от одного трофического уровня к другому в 5 раз;
- г) увеличивается при переходе от одного трофического уровня к другому в 10 раз.

## 7.2. Задачи

1. По графику, представляющему зависимость численности активных особей божьей коровки от температуры окружающей среды (рис. б) определить:

- Оптимальную для особей данного вида температуру;
- Диапазон температур зоны оптимума;
- Диапазон температур зоны угнетения;
- Критические точки;
- Пределы выносливости вида.



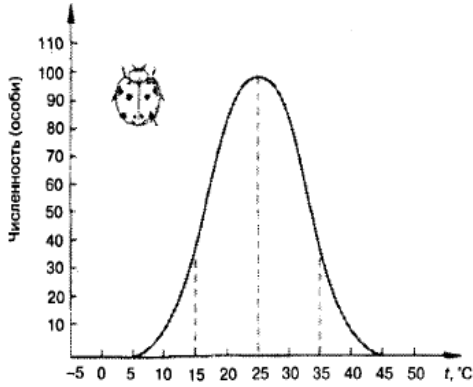


Рис. 6. Зависимость численности активных особей божьей коровки от температуры окружающей среды

2. Некому растению для развития необходимо 400 единиц N (азота), 60 единиц P (фосфора), 50 – K (калия) и 0,1 – B (бора). В «распоряжении» растения, в почве, в которой оно развивается, есть 100 ед. N, 30 ед. P, 30 ед. K и 0,08 ед. B (рис. 7). Таким образом, растение сталкивается с недостатком всех рассмотренных элементов питания. Недостаток какого ресурса скажется на растении в наибольшей степени?

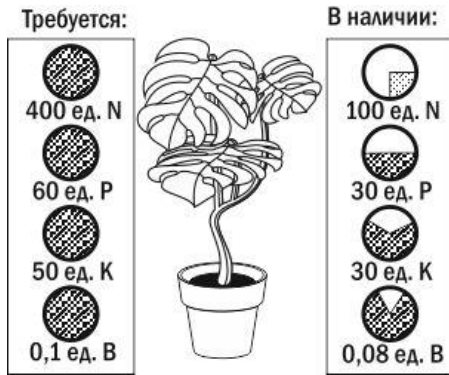


Рис. 7. Обеспеченность ресурсами

3. По рис. 8 определите тип толерантности видов (1 – 3). Проведите сравнение относительных пределов толерантности организмов.

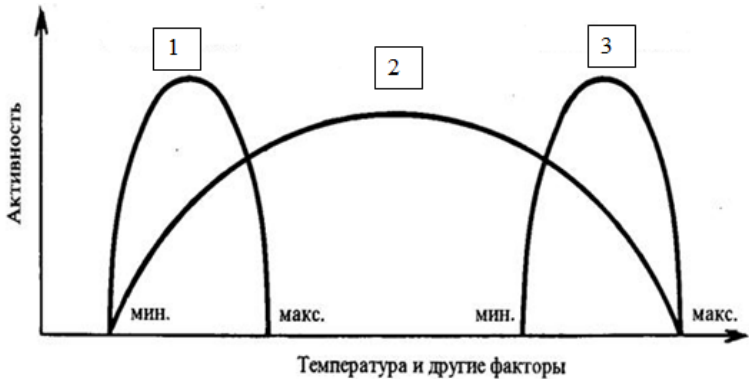


Рис. 8. Сравнение относительных пределов толерантности организмов

4. По графику, представляющему зависимость численности активных особей бабочки Махаон обыкновенный от температуры окружающей среды (рис. 9) определить:

- Оптимальную для особей данного вида температуру;
- Диапазон температур зоны оптимума;
- Диапазон температур зоны угнетения;
- Критические точки;
- Пределы выносливости вида.

5. Даны следующие организмы: тля, дрозд, паук, розовый кустарник, божья коровка, сокол.

- Составьте пищевую цепь;
- Укажите количество трофических уровней;
- Укажите консумента первого уровня;
- Согласно правилу перехода энергии с одного трофического уровня на другой, и предполагая, что животные каждого уровня питаются

только организмами предыдущего уровня, рассчитайте сколько потребуется растительности, чтобы вырос сокол массой 3 кг.

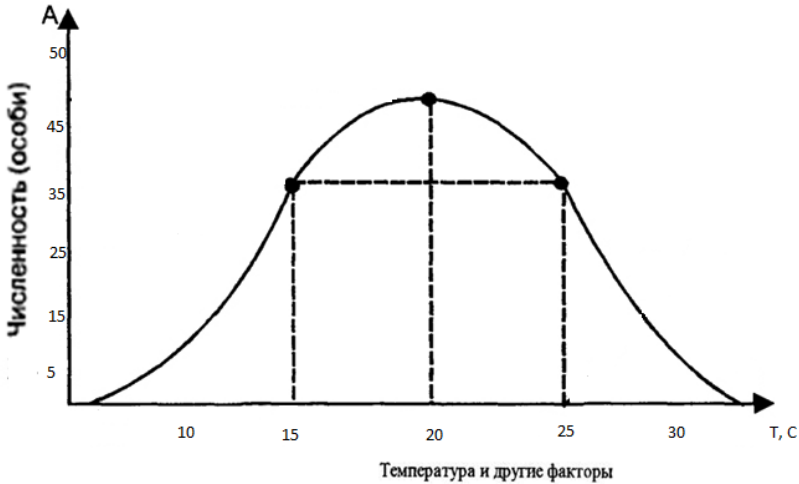


Рис. 9. Зависимость численности особей бабочки Махаон обыкновенный от температуры окружающей среды

6. Даны следующие организмы: кузнечики, клевер, ястреб, лягушка, уж.

- Составьте пищевую цепь;
- Укажите количество трофических уровней;
- Укажите консумента первого уровня;
- Согласно правилу перехода энергии с одного трофического уровня на другой, и предполагая, что животные каждого уровня питаются только организмами предыдущего уровня, рассчитайте сколько потребуется клевера, чтобы вырос ястреб массой 4 кг.

7. Рассчитайте сколько процентов энергии приходится на долю ястреба-змееяда в пищевой цепи нивяник → бабочка → воробей → уж → ястреб-змееяд от первоначальных 100 % энергии.

- а) 10 %; б) 1 %; в) 0,1 %; г) 0,01 %.

### 7.3. Ответы к заданиям для самоконтроля

#### Тесты

1. в	16. б
2. в	17. б
3. г	18. б
4. б	19. г
5. в, г, д	20. б
6. а, б, в	21. 1, 3
7. б	22. а
8. а, б, в, г	23. б
9. 2,1,3	24. б
10. 4, 6, 7,5, 1, 6, 3	25. г
11. г	26. б
12. 1, 3	27. в
13. б	28. 4
14. 1, 3	29. в
15. г	30. г

#### Задачи

1. 25; 10-15, 35-40; 5, 45; 10-40.
2. азот.
3. 1,3 – стенобионты; 2 – эврибионты.
4. 20; 15-25; 10-15, 25-30; 5, 35; 10-30.
5. розовый куст – тля – божья коровка – паук – сокол; 3; тля; 30 т.
6. клевер – кузнечики – лягушка – уж - ястреб; 3; кузнечик; 40 т.
7. г

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелихова О.П.* Экология. 3-е изд. М.: Дрофа, 2004. 624 с.
2. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Краткий курс общей экологии. Ч. I: Экология видов и популяций. Уфа: Изд-во БГПУ, 2011. 206 с.
3. *Маглыш С.С.* Общая экология. Гродно: ГрГУ, 2011. 111 с.
4. *Воронков Н.А.* Экология: общая, социальная, прикладная. М.: Агар, 2000. 422 с.
5. *Маринченко А.В.* Экология: учеб. пособие для вузов по техническим направлениям и специальностям. 2-е изд., испр. и доп. М.: Дашков и К, 2007. 326 с.
6. Экология / под ред. *Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко.* 2-е изд., перераб. и доп. М.: Логос, 2005. 503 с.
7. *Рассаико И.Ф., Ковалева О.В., Крук А.В.* Общая экология. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. 252 с.
8. *Кальнер В.Д., Полозов В.А.* Экологический императив выживания. Ч. 1. М.: Калвис. 2012. 325 с.
9. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера / предисл. Р.К. Баландина. М.: Айрис-пресс, 2004. 576 с.
10. *Степановских А.С.* Экология: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 703 с.
11. *Чернова Н.М., Былова А.М.* Общая экология. М.: Дрофа, 2004. 416 с.
12. *Лазуткина Ю.С., Сомин В.А.* Общая экология. Барнаул: АлтГУ, 2007. 134 с.
13. *Петунин О.В.* Сборник заданий и упражнений по общей экологии. Прокопьевск: КузГТУ, 2008. 101 с.
14. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Краткий курс общей экологии. Ч. I: Экология видов и популяций. Уфа: Изд-во БГПУ, 2011. 206 с.

15. Практикум по экологии / *Е.В. Ларионова, А.Н. Вторушина, М.Э. Гусельников*, [и др.]. Томск: Изд-во ТомГУ, 2011. 125 с.

16 *Адам А.М., Лукашевич О.Д.* Глоссарий по экологии, экологической безопасности техносферы, природопользованию, и охране окружающей среды: справ. пособие. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. 368 с.

Учебное издание

## **ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ЭКОЛОГИЮ**

*Учебное пособие*

***Колесниченко Ирина Николаевна,  
Никитченко Наталья Викторовна,  
Новикова Екатерина Анатольевна,  
Платонов Игорь Артемьевич,  
Павлова Лариса Викторовна***

Редактор *Т.В. Кондратьева*  
Компьютерная вёрстка *А.В. Ярославцевой*

Подписано в печать 28.11.2017. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 5,0.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. 18/2017.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

(Самарский университет)

443086 САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

---

Изд-во Самарского университета.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**