

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

БОЛТАКОВА Н.В.

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Казань 2012

УДК 504:001.8

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета ФГАОУВПО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

методической комиссии физического факультета

Протокол № 5 от 22 ноября 2012 г.

заседания кафедры физики твердого тела

Протокол № 5 от 12 ноября 2012 г.

Рецензенты:

канд. геогр. наук, доц. ИЭУП (г.Казань) Зиганшин И.И.

канд. геогр. наук, доц. КФУ Шабалина С.А.

Болтакова Н.В.

Экология: Учебное пособие / Н.В. Болтакова. – Казань: Казанский университет, 2012. – 136 с.

Учебное пособие является расширенной версией лекционного материала дисциплины «Экология» и предназначено для студентов 3-го курса Института физики, обучающихся по специальностям и направлениям «Астрономия», «Астрономогеодезия», «Физика» и студентов 2-го курса Института физики очно-заочной (вечерней) формы обучения.

Пособие снабжено кратким словарём терминов, составленным на основании часто задаваемых студентами вопросов. В него входят определения некоторых понятий и явлений, используемых при изложении материала. Также в состав данного пособия входит справочник по персоналиям, содержащий краткую биографию ученых, внесших тот или иной вклад в развитие и становление экологии как науки. Данные разделы обеспечивают непрерывность процесса освоения (повторения) материала при самостоятельной работе студентов, поскольку избавляют от необходимости обращения к дополнительным справочникам. Тем не менее, пособие не освобождает и не ограничивает студента от обращения к другим источникам информации, в том числе рекомендованным в данном пособии, необходимым для выполнения контрольных работ и для подготовки к зачету, поскольку не охватывает материал, вынесенный на самостоятельное изучение студентом.

© Казанский университет, 2012

© Болтакова Н.В., 2012

Оглавление

Введение	4
I. Биосфера и человек: структура биосферы, экосистемы, взаимоотношения организма и среды, экология и здоровье человека	6
1.1. Предмет современной экологии	6
1.2. Современная биосфера	12
1.3. Экологические системы	18
1.4. Человек как объект экологии	30
1.5. Экология и здоровье человека	43
II. Глобальные проблемы окружающей среды, экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы	51
2.1. Глобальные экологические проблемы современности	51
2.2. Экологические принципы рационального использования природных ресурсов	61
2.3. Охрана природы	75
2.4. Оптимизация природопользования в отраслях промышленности	85
2.5. Мониторинг химического загрязнения биосферы	98
III. Основы экономики природопользования	109
Заключение	121
Словарь-справочник некоторых терминов	123
Справочник по некоторым ученым-экологам	133
Литература	135

Введение

В настоящее время сложилась критическая ситуация с экологической обстановкой практически во всех уголках нашей планеты. С одной стороны это должно быть понятно любому человеку и должно вызывать соответствующие действия, но с другой стороны многие из нас - людей закрывают на это глаза и продолжают усугублять опасную для самих себя обстановку. В связи с этим одной из важных задач является образование в сфере экологии. Нужно научить людей обращать внимание на их поведение, образ жизни, здоровье, отношение к окружающей среде и видеть взаимосвязь всех компонентов окружающего их мира – как природного, так и антропогенного характера.

Быстрый рост населения нашей планеты вызывает истощение её ресурсов и увеличение промышленных отходов. Всё это отрицательно влияет на системы жизнеобеспечения множества видов живых организмов, в том числе и людей. Необходимы разработка и внедрение технологий с более рациональным использованием природных ресурсов, с меньшим количеством вредных выбросов в окружающее пространство и более эффективной их утилизацией.

Человеческая занятость, а зачастую и псевдозанятость также является одним из факторов ухудшающих экологическую обстановку окружающей среды. Люди всё больше питаются полуфабрикатами и реже используют пищу домашнего приготовления. Это является причиной не только ухудшения здоровья, но и увеличения объёмов бытовых неорганических отходов. Так, например, вместо того, чтобы приготовить котлеты, мы покупаем их в замороженном виде, как правило, на пластиковом поддоне, который затем отправляется в мусорное ведро. Приезжая в сельскую местность мы не пьём свежавыжатый яблочный сок и не готовим домашний квас, а покупаем их, выпиваем по дороге на речку и выбрасываем пустую тару в ближайший овраг, кусты или оставляем прямо на берегу. Но, если в городе хоть какая-то часть подобного мусора собирается и утилизируется специализированными службами, то за городом никто не ходит по лесам и оврагам с мешками для сбора мусора.

Каждый год происходит уменьшение площадей как природных зон (леса, болота, луга, водоёмы), так и сельхозугодий (поля, пруды), в то время как площади поверхности не пригодные для проживания и возделывания увеличиваются. Этому способствует нерациональное

использование человеком таких жизненно важных ресурсов как земля и вода. Многие населённые пункты даже нашей Республики уже сейчас ощущают нехватку не только питьевой, но и вообще воды. Так почему же мы так себя ведём?!

Всего 20 лет назад, читая фантастические романы о будущем, в котором нельзя купаться в реках это казалось действительно фантастикой. Рассказы о том, что где-то за границей продаётся бутилированная питьевая вода, вызывали смех и непонимание. Но сейчас наступили именно такие времена и намного раньше, чем предсказывалось многими писателями-фантастами. Хотя ещё не поздно опомниться и вернуть планету в наиболее приближенное к данному нам состоянию. Примеры по улучшению состояния природных объектов есть – это река Сена, озеро Байкал.

К 60-м годам XX века уровень загрязнения воды в Сене достиг таких пределов, что река стала практически мёртвой. Однако в последующие годы ряд мер по предотвращению загрязнения Сены привёл к существенному улучшению экологии, о чём свидетельствует, в частности, возврат в Сену в 2009 году атлантического лосося.

Правовые основы охраны озера Байкал регулируются Федеральным законом «Об охране озера Байкал» (N 94-ФЗ от 1 мая 1999 г.). В соответствии с данным федеральным законом на Байкальской природной территории были созданы заповедники и национальные парки, на территории которых ограничивалась хозяйственная деятельность человека. Для восстановления количества омуля был введен запрет на его вылов сроком 10 лет – численность популяции восстановилась, и в настоящее время вылов этой рыбы равен 2-3 тысячам тонн в год. Для восстановления нерестилищ рыб была запрещена вырубка леса в прибрежной полосе, прекращен сплав леса по Байкалу и произведена расчистка русел рек и берегов от затонувшей древесины.

Современная экологическая обстановка предъявляет соответствующие требования к специалисту в любой сфере деятельности: он должен обладать экологическими знаниями, понимать проблемы взаимодействия общества и природы, уметь предвидеть возможные последствия от той или иной деятельности, разбираться в методах снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и делать всё возможное для сохранения и восполнения природного богатства для будущих поколений.

I. Биосфера и человек: структура биосферы, экосистемы, взаимоотношения организма и среды, экология и здоровье человека

1.1. Предмет современной экологии

Начала экологии. Согласно одному из многочисленных определений, *экология* – это наука о взаимоотношениях живых организмов и среды их обитания [1]. Термин «экология» происходит от греческих слов *oikos* – дом и *logos* – слово, учение. Этот термин впервые ввёл в использование в одной из своих статей американский философ, писатель-романист, натуралист широкого профиля Генри Дэвид Торо. Позже, в 1866 году, Эрнст Геккель - немецкий биолог-эволюционист, последователь Чарльза Дарвина, предложил использовать термин «экология» для обозначения науки, изучающей взаимодействие между живыми организмами и неживой природой.

Экология является одной из древних наук. Изучением взаимоотношений организмов со средой обитания ученые занимались с давних времен. Поначалу экология являлась одним из разделов общей биологии и занималась изучением потребностей различных организмов в наиболее подходящих для них условиях существования, способность их приспосабливаться к иным условиям жизни. Исследовались закономерности пространственного распределения и всевозможных взаимосвязей между представителями всех царств живых существ. Всё это обусловило описательный характер экологии как науки, которая лишь накапливала эмпирический материал, не обладая полноценной теорией.

В истории экологии можно выделить *три основных этапа* [2] (табл. 1.1).

Первый этап - *зарождение и становление экологии как науки* (с древних времен до 60-х годов XIX века). К этому периоду относятся работы следующих ученых:

Карл *Линней* - великий шведский эколог, создал удобную для практического использования классификацию видов растений и животных и систематизировал сведения об условиях жизни разных видов;

Жан-Батист *Ламарк* - великий французский эколог, первым высказал мысль о том, что все живое и неживое на нашей планете составляет единое целое - биосферу, и предупреждал человечество о возможных последствиях влияния человека на природу;

Таблица 1.1

Ученые, внесшие основной вклад в развитие экологии как науки

Ученый	Годы жизни	Деятельность
I этап: Зарождение и становление экологии как науки (с древних времен до 60-х годов XIX века)		
Линней К.	1707-1778	- классификация видов растений и животных, - систематизация сведений об условиях жизни разных видов.
Бюффон Ж.-Л.	1707-1788	- высказал идею о единстве растительного и животного мира, - систематик живой природы
Крашеников С.П.	1711-1755	- автор наименований ряда ботанических таксонов (в ботанической номенклатуре дополняются сокращением «S.Krasch.»)
Ламарк Ж.-Б.	1744-1829	- все живое и неживое составляет единое целое – биосферу, - последствия влияния человека на природу.
Лепёхин И.И.	1740-1802	- автор наименований и исследователь ряда ботанических и зоологических таксонов (в ботанической номенклатуре дополняются сокращением «Lepesch.»)
Мальтус Т.	1766-1834	- математическое описание роста числа организмов одного вида, - прогноз тяжелых последствий деятельности человека вследствие перенаселения.
Миддендорф А.Ф.	1815-1894	- основоположник зоогеографии и мерзлотоведения, крупнейший сибиревед и один из пионеров туркестановедения
II этап: Оформление экологии в самостоятельную научную дисциплину (с 60-ых годов XIX века до второй половины XX века)		
Дарвин Ч. Р.	1809-1882	- учение о естественном отборе
Торо Г. Д.	1817-1862	- ввёл термин «экология»
Зюсс Э.	1831-1914	- ввёл в науку термин «биосфера»
Геккель Э.	1834-1919	- предложил использовать термин «экология» для обозначения науки, изучающей взаимодействие между живыми организмами и неживой природой

Таблица 1.1 (Продолжение)

Ученый	Годы жизни	Деятельность
Докучаев В.В.	1846-1903	- почвовед
Вернадский В.И.	1863-1945	- фундаментальное учение о биосфере, - основатель биогеохимии.
Тенсли А.	1871-1955	- ввел термин «экосистема», - систематик живой природы, автор наименований ряда ботанических таксонов
Шелфорд В.Э.	1877-1968	- сформулировал закон влияния экологических факторов на живые организмы
Сукачёв В.Н.	1880-1967	- ввел термин «биогеоценоз»
Беклемишев В.Н.	1890-1962	- биота биосферы - единый организм
Гаузе Г.Ф.	1910-1986	- колоссальное практическое значение работ в области микробиологии
III этап: Превращение экологии в комплексную науку (с 50-х годов XX века и продолжается в настоящее время)		
Тимофеев-Ресовский Н.В.	1900-1981	- радиационная генетика, популяционная генетика, проблемы микроэволюции
Камшилов М.М.	1910-1979	- выдающийся советский биолог, генетик-эволюционист, гидробиолог, - крупный специалист в вопросах биосферы и охраны природы
Кравцов Ю.А.	Современ.	- планета как самоорганизующаяся климато-экологическая система
Одум Ю.	1913-2002	- эколог, зоолог
Коммонер Б.	1917 г.р.	- биолог и эколог, сформулировал четыре закона экологии
Войткевич Г.В.	1920-1997	- проблемы радиогенетики, теория происхождения Земли, химическая эволюция солнечной системы
Будыко М.И.	1920-2001	- физическая климатология, биоклиматология, актинометрия, - сформулировал периодический закон географической зональности, - тепловой баланс земной поверхности
Соколов В.Е.	1928-1998	- российский и советский биолог, зоолог, академик РАН, - описал ряд зоологических таксонов (сопровождают обозначением «Sokolov»)
Реймерс Н.Ф.	1931-1993	- наиболее полно обобщил законы и принципы экологии

Томас *Мальтус* - великий английский эколог, математически описал закономерности роста числа организмов одного вида и вслед за Ламарком дал прогноз возможных тяжелых последствий хозяйственной деятельности человека, если его численность будет увеличиваться без предела и произойдет перенаселение.

Элементы экологического подхода содержались в исследованиях:

Ивана Ивановича *Лепёхина* - русского путешественника-натуралиста, естествоиспытателя и лексикографа, систематика живой природы;

Александра Фёдоровича *Миддендорфа* - российского путешественника, географа, ботаника и натуралиста, систематика живой природы;

Степана Петровича *Крашенникова* - русского ботаника, этнографа, географа, путешественника, исследователя Сибири и Камчатки;

Жоржа-Луи *Бюффона* - французского натуралиста, биолога, математика, естествоиспытателя и писателя, и других ученых.

Второй этап (с 60-ых годов XIX века до второй половины XX века) представляет собой *оформление экологии в самостоятельную научную дисциплину*. В это время трудились следующие ученые:

Чарлз Роберт *Дарвин* - опираясь на идеи Т. Мальтуса, создал учение о естественном отборе, который исключает перенаселение в природе за счет отмирания более слабых особей;

Василий Васильевич *Докучаев* - известный русский почвовед;

Виктор Эрнст *Шелфорд* - великий американский эколог, зоолог, впервые сформулировал закон, показывающий всю сложность влияния экологических факторов на живые организмы;

Георгий Францевич *Гаузе* - известный советский микробиолог, эколог, его работы в области микробиологии имели колоссальное практическое значение в годы Второй мировой войны.

Исследования Геккеля способствовали расширению границ экологии как науки, а благодаря работам крупнейшего русского учёного Владимира Ивановича *Вернадского* в число её объектов была включена глобальная экосистема – биосфера, фундаментальное учение о которой он и создал.

В 30-е и 40-е годы двадцатого века экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем. Но ключевыми понятиями всё ещё остаются живой организм, среда обитания и взаимоотношения между ними. В XX столетии пред-

ставление о безграничности и вечности жизни постепенно утрачивает свою опору и при изучении биологических объектов начинает учитываться наличие различных ограничений, большей частью антропогенного характера. Это способствует тому, что уже к концу века экология становится способной не только описывать исследуемые структуры и процессы, но и объяснять их, т.е. зарождается экологическая теория.

Третий этап развития экологии начался с 50-х годов XX века и продолжается в настоящее время. На этом этапе *экология превращается в комплексную науку*.

В 70-е годы Барри Коммонер сформулировал положения, раскрывающие суть бережного отношения к природе и рационального природопользования:

- всё связано со всем;
- за всё надо платить;
- всё надо куда-то девать;
- природа знает лучше.

В настоящее время особое значение имеет развитие таких направлений прикладной экологии, как охрана природы, рациональное природопользование, экологический менеджмент (управление объектами разного уровня иерархии с позиции обеспечения экологической безопасности) и др.

Расширение сферы экологии. За последние 20 лет образ экологии изменился радикально. Рост численности населения, технический прогресс и безудержное стремление человечества к материальным благам вытеснили и практически уничтожили истинные блага - чистый воздух и воду, красоту природы, окружающей флоры и фауны, собственное здоровье. Вводя термин «экология», Геккель подразумевал «сумму знаний, относящихся к экономике природы» [1]. В те времена выражение «экономика природы» носило иносказательный характер, поскольку долгое время человек как организм со своей средой обитания и вытекающими взаимоотношениями с другими организмами не являлся объектом исследования экологии, однако в настоящее время оно приобрело конкретный смысл, включающий количественную сторону экологии и её связь с экономикой человека. Расширение предмета экологической науки привело к появлению новых трактовок и определений, включающих систему знаний о взаимоотношениях природы и общества.

Согласно определению известного американского эколога Юджина *Одума*, экология - это междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи [3].

В «Экологической энциклопедии» приводятся следующие определения экологии [4]:

1) наука о разных аспектах взаимодействия организмов между собой и с окружающей средой;

2) наука о совместном развитии человека, сообщества людей в целом и окружающей среды (включающей все остальные организмы), изучающая биотические механизмы, обеспечивающие устойчивость жизни.

Макроэкология. Обращение разных дисциплин к проблемам экологии содержит постановку и решение многих практических задач. Экология превратилась из раздела биологии в обширный комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, который по аналогии с макроэкономикой получил название *макроэкологии* [1], сохраняя собственную область компетенции.

Макроэкология - это междисциплинарная область знаний о взаимодействии многокомпонентных живых систем (включая человечество как биологический вид и социум) с природными и искусственными факторами среды. Основным предметом макроэкологии являются взаимоотношения между обществом и природой, мировая эколого-экономическая система, материальные балансы между её экономической и экологической подсистемами. Интегративный, целостный подход к глобальным проблемам занимает одно из центральных мест в современной науке, например, по Вернадскому антропогенез и история общества - это единый процесс становления и развития целостной системы - биосферы.

Климатологи рассматривают нашу планету как самоорганизующуюся климато-экологическую систему, множество обратных связей в которой позволяет говорить о Земле как о едином живом организме (Ю.А. *Кравцов*) [5]. Воздействие человека на природу занимает центральное место в современной философии и гносеологии глобальных проблем. Однако не все согласны с расширенным пониманием экологии. Это очень характерная точка зрения и на ней следует задержаться. Некоторые биологи настаивают на сохранении традиционного предмета экологии как раздела биологии растений и животных,

выделяя при этом всё, касающееся человека в отдельные разделы - социальную экологию, валеологию, безопасность жизнедеятельности, науку об окружающей среде.

Аналогичное разделение присутствует в западной литературе, там понятия «экология» и «наука об окружающей среде» (*энвайронменталистика*, от английского термина *environment* - окружающая среда) не совпадают по содержанию. Если первое понимается только как фундаментальная наука, не вмещающая прикладных аспектов, то второе - наоборот полностью сконцентрировано на современных экологических проблемах в отрыве от фундаментальных экологических закономерностей. Поэтому синтез фундаментальной и прикладной экологии просто необходим, к этому и стремится макроэкология. При этом центральной проблемой является противоречие между экологическими требованиями и экономическими интересами и устранение этого противоречия в рамках эколого-экономической координации. Также следует заметить, что, несмотря на то, что поначалу именно экология привнесла в ботанику и зоологию количественные методы, сама она долгое время оставалась описательной дисциплиной.

Современная экология - преимущественно количественная наука, содержащая расчёты, количественный анализ, количественные оценки и модели, а поскольку она имеет дело с очень сложными и динамичными системами, то и нуждается во всё более совершенных средствах мониторинга и прогнозирования. Также необходимо отметить большую нравственно-этическую значимость современной экологии, заключающуюся в призыве к единению с природой.

1.2. Современная биосфера

Концепция биосферы. Термин «биосфера» ввёл в науку в 1875 году геолог и общественный деятель из Австрии Эдуард Зюсс [2]. Наличие биосферы - важнейшая и уникальная особенность Земли как планеты. Оболочка биосферы, её состав, строение и функционирование существенно обусловлены деятельностью живых организмов. Первоначально представления о биосфере как общности живых организмов на Земле складывались в географии и геологии. В зависимости от воззрений того или иного представителя различных наук понимание биосферы приобрело некую двойственность: с одной стороны это некая данность – современный покров воды и суши с установившимися свойствами саморегуляции и устойчивости; с другой стороны - это

длительное время развивающаяся и открытая система взаимодействующих биотических и абиотических факторов геосфер и космоса, в ходе эволюции которых сформировались и многократно перестраивались механизмы саморегуляции и устойчивости (В.Е. Соколов) [1].

Развёрнутое учение о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому. Важнейшей частью этого учения являются представления о возникновении и развитии биосферы, о роли живых организмов на планете.

Биосфера - это глобальная экосистема, активная «оболочка» Земли, состав, строение и энергетика которой определяются и контролируются планетарной совокупностью живых организмов - *биотой* системы. Экологическая концепция биосферы сложилась позднее геолого-геохимической, после того, как от биосферной миграции элементов (по Вернадскому) произошёл переход к представлению о глобальном биотическом круговороте, а затем и к биотической регуляции природной среды.

Глубокая экологическая интерпретация биосферы принадлежит советскому зоологу Владимиру Николаевичу *Беклемишеву*, рассматривавшему биоту биосферы как единый организм. Биолог и генетик Николай Владимирович *Тимофеев-Ресовский* предлагал говорить о биосфере в узком (подразумеваемая глобальную совокупность организмов) и широком (рассматривая область распространения жизни) смысле. Эволюции биосферы посвящен ряд работ Михаила Михайловича *Камшилова*, Георгия Витольдовича *Войткевича*, Михаила Ивановича *Будыко* и других учёных.

Структура и функции биосферы. Многие вопросы, касающиеся появления и развития жизни на Земле до сих пор остаются без ответа [2]. Около 3-3,5 млрд лет назад в ходе эволюции материи на Земле возникла жизнь, и началось развитие биосферы, её возраст как целостной системы оценивается в 1 млрд. лет. По новейшим данным масса Земли составляет $6 \cdot 10^{21}$ т, объём - $1,083 \cdot 10^{12}$ км³, площадь поверхности - 510,2 млн. км² [2]. По сравнению с массой других геосфер Земли (верхней литосферы, гидросферы и атмосферы) масса всего живого на планете ничтожна и составляет порядка 10^{15} кг [1, 6], но благодаря интенсивному обмену веществ представители биосферы за указанный срок тысячекратно ($\sim 10^3 \div 10^4$) пропустили через себя всю земную атмосферу, весь объём Мирового океана, бóльшую часть почв, колоссальное количество энергии. Таким образом живое вещество преобразовывало среду обитания [2]. Геологическая роль живой при-

роды на нашей планете проявляется в ряде биогеохимических функций [7]. Древние микроорганизмы и животные участвовали в создании мощных запасов полезных ископаемых топлив, толщ известняков, фосфоритов, скоплений серы, некоторых руд и глинистых пород, содержащих железо, алюминий, марганец и другие металлы [1].

Таким образом, биота биосферы обладает мощной средообразующей и средорегулирующей функцией.

Биосфера включает твёрдое, жидкое и газообразное вещества и имеет мозаичное строение, в основе которого лежат различные экологические системы - комплексы живых организмов и неорганических соединений, связанных обменом веществ и энергии [7]. Биосфера, по сравнению с другими геосферами, не является сплошной средой и не имеет чётких границ, а живое вещество образует ничтожно тонкий слой в общей массе геосфер Земли. В.И. Вернадский считал, что «пределы биосферы обусловлены прежде всего полем существования жизни», определил биосферу как «организованную, определённую оболочку земной коры, сопряжённую с жизнью» и сделал фундаментальное заключение, что «биосфера геологически вечна».

Живые организмы распространены во всех доступных им областях Земли, где сохраняется термодинамическая устойчивость воды и даже в ряде областей с температурой ниже 0° С [7]. Биосфера присутствует и на высотах атмосферы, где царят низкая температура и низкое давление и в глубинах океана, где давление достигает 12 тыс. атм. [6]. Тем не менее, активное функционирование и продуктивность современной биосферы более чем на 98 % [1] сосредоточены в относительно тонком поверхностном слое суши (условно - от кончиков корней до верхушек деревьев) и *фотическом* (хорошо освещаемом солнцем) слое гидросферы. Жизнь океанских глубин обязана своим богатством поверхностному фитопланктону и лишь отчасти хемоавтотрофам дна [1].

Как любая экосистема, биосфера состоит из абиотической и биотической частей (рис. 1.1).

Абиотическая (неживая) часть представлена:

- почвой и подстилающими её породами до глубины, где в них ещё есть живые организмы, вступающие в обмен с веществом этих пород и физической средой порового пространства;
- атмосферным воздухом до высот, на которых возможны ещё проявления жизни;
- водной средой океанов, рек, озёр и т.п.

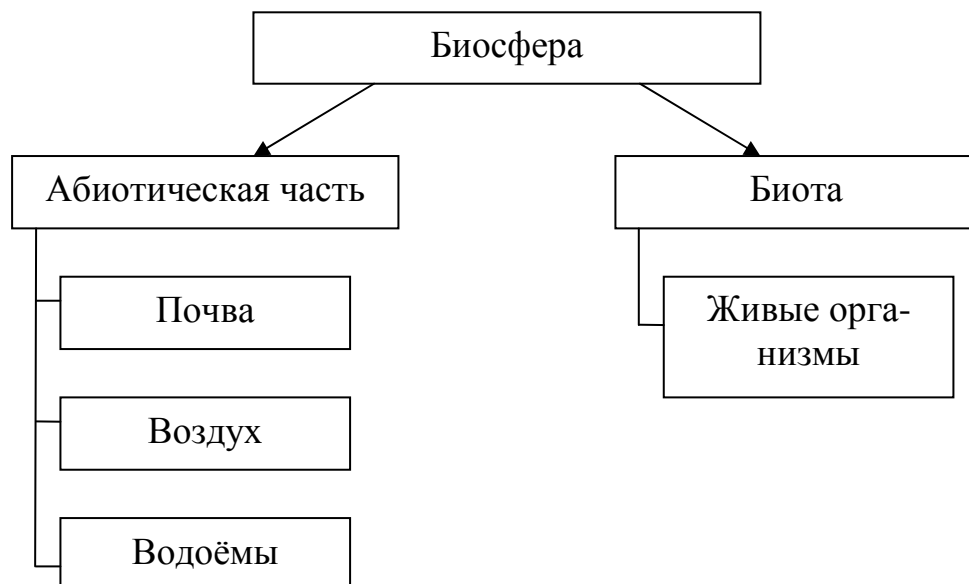


Рис. 1.1. Структура биосферы

Биотическая (живая) часть состоит из живых организмов всех таксонов, осуществляющих важнейшую функцию биосферы, без которой не может существовать сама жизнь - *биогенный ток атомов*, осуществляемый организмами посредством своей жизнедеятельности (дыханием, питанием и размножением) и, по сути, являющийся обменом веществ между всеми частями биосферы.

В основе биогенной миграции атомов в биосфере лежат два биохимических принципа:

- 1) стремление к максимальному проявлению - к «всюдности» жизни;
- 2) обеспечение выживания организмов (что увеличивает саму био-генную миграцию).

Эти закономерности проявляются, прежде всего, в стремлении организмов захватить все мало-мальски пригодные к их жизни пространства, создавая экосистему или её часть, при этом любая экосистема, в том числе и биосфера, имеет свои границы. «Всюдность» жизни в биосфере обусловлена потенциальными возможностями приспособляемости живых организмов, которые постепенно захватив моря и океаны вышли на сушу и, по мнению В.И. Вернадского этот процесс продолжается.

Выживаемость организмов поддерживается также существованием био-генного тока атомов везде, где бы ни было их местообитание, благодаря наличию почв. Почва - важнейший компонент биосферы, оказывающий наряду с мировым океаном решающее влияние на всю

глобальную экосистему, поскольку именно почвы обеспечивают питание растений, которые кормят весь мир гетеротрофов [6].

При общем рассмотрении биосферы, как глобальной планетарной экосистемы, особое значение приобретает представление о её живом веществе, как о некой живой массе планеты.

Согласно учению В.И. Вернадского биосфера складывается из следующих категорий субстанций:

- *живое вещество* (совокупность всех живых организмов),
- *биогенное вещество* (различные формы мёртвой органики),
- *биокосное вещество* (смеси предыдущих с минеральными породами абиогенного происхождения),
- *косное вещество* (горные породы и минералы, никак не связанные с деятельностью живых организмов),
- *радиоактивное вещество*,
- *вещество космического происхождения* (метеориты и др.), *рассеянные атомы*.

Все эти типы веществ геологически связаны между собой [2].

Масса мало преобразованной мёртвой органики - детрита в почве и донных отложениях (гумус, сапрпель, торф, лесная подстилка, мёртвые растения и животные, растворённая органика) - в несколько раз превышает массу живого вещества [1]. Современные теоретические подходы вносят поправку в представления о структуре и функциях биосферы, исключая из её состава компоненты природы сложившиеся и захороненные в геологическом прошлом (уголь, нефть, нефтеносные сланцы и др.).

Химический состав живого вещества подтверждает единство природы - оно состоит из тех же химических элементов, что и неживая природа, отличаясь лишь соотношением элементов и строением молекул. Тем не менее, живое вещество является высшей формой организации материи [7]. Оно существует всегда *дискретно*, т.е. в форме обособленных друг от друга тел, имеющих упорядоченную трёхмерную структуру, специфичную для каждого вида, потребляя и преобразуя различные виды энергии (механическую, электромагнитную, тепловую и др.). К тому же живому характерна способность к росту и размножению.

Таким образом, к современной биосфере относится вся совокупность живых организмов и все вещества литосферы, гидросферы и ат-

мосферы, которые в настоящее время участвуют в природном биотическом круговороте [1].

В процессе эволюции биосфера неоднократно переживала катастрофы [2]. Каким же путём пойдёт дальнейшее развитие человечества и биосферы в целом? Поскольку роль человека в преобразовании планеты колоссальна, то именно он должен взять на себя ответственность за сохранение и устойчивое развитие биосферы. В идеале высшей стадией развития биосферы является *ноосфера*. Это стадия наступает, когда разумная деятельность человечества становится главным определяющим фактором развития биосферы. По утверждению Вернадского «биосфера перейдет, так или иначе, рано или поздно в ноосферу ...».

Биогеохимические циклы в биосфере. Согласно современным представлениям (синергетики) для самоорганизации столь сложной системы как биосфера, она должна постоянно подпитываться энергией и веществом.

Энергию биосфера получает от Солнца, вещество - из окружающей среды. Солнце представляет собой гигантский шар, состоящий на 72 % из водорода и на 28 % из гелия. Энергия Солнца излучается в ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном и других диапазонах электромагнитных волн. Благодаря этому излучению образуются органические вещества, которые поддерживают жизнь в каждом из нас.

Любые элементы или их соединения, необходимые для жизнедеятельности организмов, называются *питательными веществами*. Около 40 элементов и их соединений являются наиболее важными для живых организмов. Элементы, необходимые в больших количествах, называются *питательными макроэлементами*. К ним относятся углерод, кислород, водород, азот, фосфор, сера, кальций, магний, калий. Они составляют более 95 % массы всех живых организмов.

Около 30 других элементов, необходимых для жизни в небольших или незначительных количествах, называются *микроэлементами*. К ним относят, железо, медь, цинк, хлор, йод и др. [2]. Большинство элементов на Земле находятся в таком состоянии, что не могут быть напрямую использованы живыми организмами. Однако они могут переходить в другие формы, доступные живым организмам. Переход питательных элементов от неживой природы к живым организмам и обратно происходит в *биогеохимических круговоротах*.

Таким образом, жизнь на Земле зависит главным образом от двух фундаментальных процессов. Во-первых, это однонаправленный поток

высококачественной энергии, который исходя от Солнца, проходит через вещества и живые организмы, затем передаётся в атмосферу и в конечном итоге излучается обратно в космос в виде низкокачественного тепла. Второй процесс - это круговорот в биосфере химических веществ, необходимых для живых организмов. Причём, нужно отметить, что антропогенная деятельность существенно изменяет естественную скорость последнего.

1.3. Экологические системы

Общая характеристика экологических систем. Живые организмы неразрывно связаны со своей средой обитания. Как было отмечено ранее, постоянное существование живых организмов возможно только в экологических системах [7]. Именно экосистема является основным объектом исследования экологии. Экологическая система - это пространственно определённая совокупность совместно обитающих различных видов живых организмов и среды их обитания, взаимодействие между которыми создаёт круговорот веществ, энергии и информации в данной системе. При экосистемном подходе главным предметом исследования становятся процессы трансформации веществ и энергии между биотой и физической средой, т.е. возникающий биогеохимический круговорот веществ в экологической системе в целом [6]. В настоящее время концепция экосистемы, как одно из наиболее важных обобщений биологии, играет весьма важную роль в экологии.

Английский геоботаник Артур *Тенсли* впервые предложивший термин «экологическая система» в 1935 году, представлял её в виде суммы биоценоза и биотопа. Таким образом, в состав экологической системы входят живые организмы (их совокупность называется *сообществом* или *биоценозом* экосистемы) и неживой компонент - *биотоп*, представленный различными физическими и химическими факторами. Члены сообщества так тесно взаимодействуют со средой обитания, что биоценоз часто трудно рассматривать отдельно от биотопа [1].

Существующие на Земле экологические системы разнообразны, в зависимости от масштаба выделяют следующие их виды [2]:

- *микроэкосистемы* (например, подушка лишайника на стволе дерева),
- *мезоэкосистемы* (пруд, озеро, степь, луг и др.),
- *макроэкосистемы* (например, континент, океан),
- *глобальные экосистемы* (например, экосфера).

Экосистемы существуют в многократном соподчинении. Высшая экологическая система - биосфера [7].

По происхождению различают *естественные* (лес, море, степь, озеро и проч., т.е. формирующиеся под действием природных факторов) и *искусственные* (сад, пруд, аквариум и др., т.е. создаваемые в процессе хозяйственной деятельности человека) экологические системы [2].

К экосистемам, созданным с участием человека, можно отнести поля с зерновыми культурами, овощные плантации, фруктовые сады, пруды для разведения рыб. Простейший пример искусственной экологической системы - комнатный аквариум; в промышленных масштабах – *аэротенк* - искусственная экосистема больших размеров (длиной 50 м, шириной 10 м, глубиной 4 м), используемая для очистки сточных вод посредством биохимического окисления органических веществ.

Главные экологические системы суши, такие как леса, степи, пустыни и проч., называются *наземными* экосистемами или *биомами*. Наземные экологические системы многоярусны, то есть для них характерно вертикальное расслоение на структурные части, имеющие разные высоты (например, в лесу: деревья первой величины, подлесок из кустарников, живой почвенный покров). Между различными экологическими системами нет четких границ и они, как правило, плавно перетекают друг в друга.

В отечественной литературе наряду с термином «экосистема» широко используется термин «биогеоценоз», который ввел в использование в 1940 г. Владимир Николаевич Сукачёв - выдающийся ботаник, лесовод и биогеограф, основоположник биогеоценологии, создатель теории типов леса и лесной биогеоценологии [1, 2]. *Биогеоценоз* представляет элементарную наземную экологическую систему - участок пространства, имеющий практически однородные условия среды, которым соответствует однородное распределение всех видов организмов. Жизнь биогеоценозов подчинена ряду закономерностей. Основной круговорот веществ в биогеоценозе осуществляется биологическим путём. Для большинства биогеоценозов определяющей характеристикой является определённый тип растительного покрова, по которому судят о принадлежности однородных биогеоценозов к данному экологическому сообществу (сообщества берёзового леса, мангровой заросли, ковыльной степи и т.п.).

Трофическая структура экологических систем. Каждая экосистема имеет собственное материально-энергетическое обеспечение и определённую структуру, основанную на пищевых (трофических) взаимоотношениях. Живые организмы, входящие в состав экологической системы, в зависимости от способа питания делятся на автотрофов и гетеротрофов [2]. Функционально-трофическая структура экосистемы представлена на рис. 1.2.

Автотрофы (самопитающиеся) - это организмы, производящие *органические соединения* (белки, углеводы, липиды, гумусовые веще-

ства и др.) из *неорганических* (С, N, CO₂, H₂O, P, O и др.) посредством процессов фото- и хемосинтеза, т.е. они являются *продуцентами* экосистем [2]. Всё циркулирующее в биогеоценозах органическое вещество создаётся фотосинтезирующими растениями и водорослями. Только автотрофы способны производить сами для себя пищу. Это первичная биологическая продукция, за счёт которой существуют создатели вторичной биологической продукции - животные и бесхлорофилльные растения (грибы) [7].

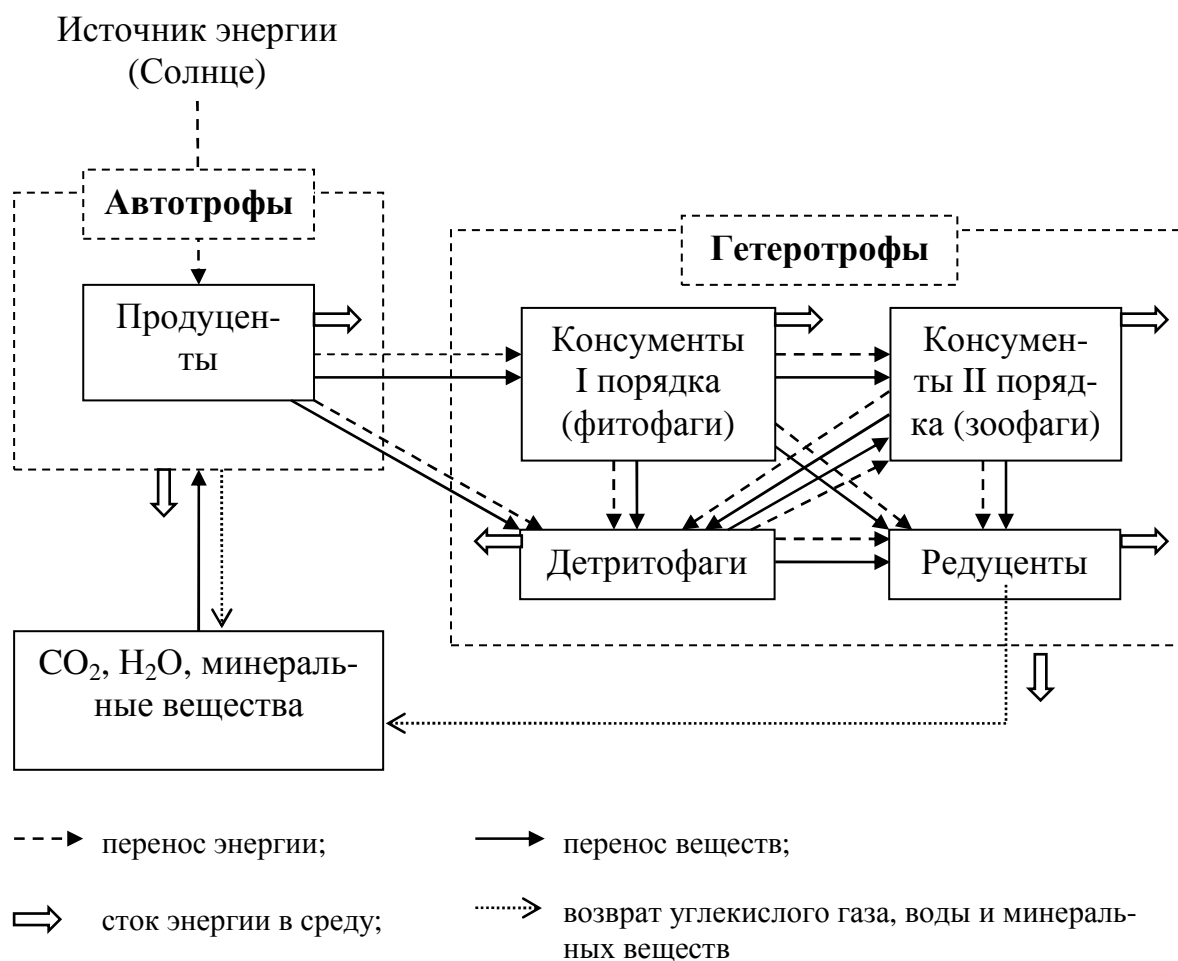


Рис. 1.2. Основные трофические категории организмов (упрощённая схема переноса вещества в экологической системе) [1]

Гетеротрофы (питающиеся другими) - это организмы, потребляющие готовое органическое вещество других организмов и продуктов их жизнедеятельности. Гетеротрофы выполняют в экосистеме функцию потребления органических веществ, т.е. являются *консументами* (потребителями) экосистемы. В зависимости от источников питания гетеротрофы подразделяются на следующие группы:

- *фитофаги* (растительноядные),
- *зоофаги* (плотоядные, хищники),
- *эврифаги* (всеядные),
- *паразиты* (живущие за счёт веществ организма хозяина, могут вызывать у него заболевания и даже гибель),
- *симбиотрофы* (также живущие за счёт веществ организма хозяина, но при этом выполняющие жизненно важные для него функции),
- *детритофаги* или *сапрофаги* (питающиеся мёртвым органическим веществом).

Большая часть мёртвой материи в экологических системах, особенно мёртвые древесные породы и листья, не потребляется детритофагами, а проходит стадии разложения и гниения вследствие процессов жизнедеятельности *редуцентов* экосистемы (организмов, очищающих природную среду от органических отходов), в результате чего сложные органические молекулы распадаются на более простые неорганические соединения и вновь используются продуцентами для синтеза органических соединений в процессе фотосинтеза [2].

Все названные группы организмов в любой экосистеме тесно взаимодействуют между собой, согласуя потоки энергии и вещества.

Пищевые цепи и потоки энергии в экологических системах. Жизнь на Земле существует за счёт потока солнечной энергии, которая передаётся от одних организмов к другим по трофической цепи. Место каждого звена в цепи называется его *трофическим уровнем*. В экосистемах существует два вида пищевых цепей:

- *пастбищные* (всегда начинаются с живых фотосинтезирующих растений);
- *детритные* (начинаются с остатков отмерших растений, трупов и экскрементов животных).

Как правило, организмы природных экологических систем вовлечены в сложную сеть многих, связанных между собой пищевых цепей, называемую *пищевой сетью* [2].

Принципиальное различие между потоками веществ и энергии в экосистеме заключается в том, что биогенные элементы, составляющие органическое вещество, могут многократно участвовать в круговороте веществ, тогда как поток энергии однонаправлен и необратим [1]. Солнце передаёт Земле колоссальное количество энергии. С каждым переходом с одного трофического уровня на другой в пределах

пищевой цепи или сети совершается работа и количество энергии, используемой организмами следующего трофического уровня, снижается. Чем длиннее цепь, тем больше теряется полезной энергии и тем меньше её достаётся конечному потребителю.

Всё вышесказанное позволяет сделать важный вывод: природные экологические системы являются открытыми системами - в них формируется круговорот веществ, но нет круговорота энергии [2]. Существование природных экосистем будет достаточно стабильным, если вынос будет компенсироваться поступлением вещества [6]. Для поддержания круговорота веществ в экологической системе необходимы неорганические молекулы в усвояемой для продуцентов форме, консументы, питающиеся продуцентами и другими консументами, а также редуценты, восстанавливающие органические вещества снова до неорганических молекул для питания продуцентов [6].

Для поддержания равновесия в искусственных экосистемах требуется дополнительная энергия [2].

Экологические пирамиды. Трофическую структуру любой экологической системы можно представить в виде экологических пирамид, в основании которых лежат продуценты:

- пирамид чисел (или численности),
- пирамид биомасс,
- пирамид энергии.

Каждый прямоугольник (этаж) в *пирамиде чисел* отражает число организмов на данном трофическом уровне экосистемы. Пирамида чисел отражает закономерность, обнаруженную Ч.С. Элтоном: в экологической системе растений больше, чем растительноядных животных, растительноядных животных больше, чем хищников, но такая закономерность обнаруживается не во всех экосистемах, поэтому более предпочтительными в использовании являются пирамиды биомасс и энергии.

Каждый прямоугольник в *пирамиде биомасс* отражает общую массу организмов каждого трофического уровня экологической системы [2]. В наземных экосистемах биомасса растений всегда существенно больше биомассы животных, а биомасса фитофагов всегда больше биомассы зоофагов; в водных экологических системах - наоборот. Поэтому универсальным способом выражения трофической структуры экосистем являются пирамиды скоростей образования живого вещества (продуктивности), называемые *пирамидами энергии*. Каждый пря-

моугольник такой пирамиды отражает количество энергии, прошедшей через определённый трофический уровень за определённый период. Знание энергетики экологической системы и количественные её показатели позволяют точно учесть возможность изъятия из природной экосистемы того или иного количества растительной и животной биомассы без подрыва её продуктивности.

Развитие экосистем. Возможности существования различных видов в экосистемах, определяемые совокупностью условий места (свободные участки, убежища), размножения, питания и времени, называются *экологическими нишами*. Чем богаче биогеоценоз, тем больше в нём биологических форм и экологических ниш. Например, экологические ниши птиц, обитающих в лесу: дрозды гнездятся непосредственно на земле; дятлы и совы - в стволах; грачи, сороки и вороны - в кронах деревьев. В луговой степи цветение различных видов трав происходит неодновременно, таким образом, хотя пространство и питание для этих видов примерно одинаково, во времени каждый из них имеет свою экологическую нишу [7].

То же самое относится и к водным экологическим системам [8]. В любом спокойном водоёме можно выделить три главные зоны:

- *литоральную* (мелководные участки, в которых свет проникает до дна и размножается большинство растений),

- *лимническую* (до предельной глубины воды, которой ещё достигает активный солнечный свет),

- *глубже лимнической* (глубины, где накопление биомассы уже невозможно, поскольку фотосинтез идёт очень слабо, и процессы дыхания и потребления кислорода за счёт фотосинтеза уже не компенсируются).

В зависимости от глубины водоёма применяется следующая классификация водных организмов по экологическим нишам (табл. 1.2):

- донные организмы,
- свободноплавающие,
- мелководные (лягушки, головастики и проч.).

Таблица 1.2

Классификация водных организмов по экологическим нишам

Зоны водоёма	Группа организмов
Литоральная	Мелководные
Лимническая	Свободноплавающие
Глубже лимнической	Донные

Как правило, экосистемы, как наземные, так и водные, являются однородными и сравнительно устойчивыми в пространстве и времени. Устойчивость во времени обеспечивается последовательной сменой одних видов растений и живых организмов другими. Тем не менее, со временем экологические системы претерпевают непрерывные изменения (рис. 1.3), которые могут быть колебательными (периодическими (суточные ритмы) и аperiодическими (погодные процессы)) и поступательными (сукцессии). Все эти изменения накладываются друг на друга и создают чрезвычайно сложную картину динамики экосистемы [7].

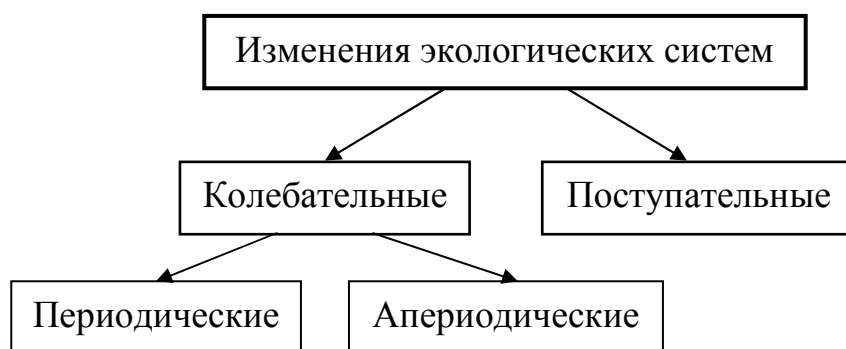


Рис. 1.3. Типы изменений, происходящих в экологических системах

Сукцессией называется последовательная смена во времени одних биоценозов другими в экологических системах [8]. Например, первыми в упавшем в лесу дереве поселяются короеды, затем приходят обитатели древесины, в последнюю очередь - беспозвоночные, питающиеся продуктами распада тканей дерева, и на всех этапах обязательно присутствуют бактерии. Более масштабный пример – вырубка лесов: вместо дуба появляется осина, после ели - берёза [8]. Явление сукцессии широко используется в сельском хозяйстве и садоводстве. Сукцессии могут порождаться как внутренними, так и внешними причинами, в первом случае их называют *эндогенными* сукцессиями (например, последовательное превращение озера в болото), во втором - *экзогенными* (например, под действием геологических факторов).

Чем сложнее структура экосистемы, тем она устойчивее к внешним воздействиям, но никакая её часть не может существовать без другой. Чем более развит биогеоценоз, тем быстрее и более безболезненно происходит восстановление нарушенных функций какого-либо элемента экологической системы другими, схожими по задачам, частями биогеоценоза и сохранение в почти прежнем объёме функций разных

трофических уровней. Способность экосистем восстанавливать нарушенные внешними воздействиями функции называют *буферными свойствами* [7].

В современных условиях на развитие природных экологических систем зачастую наиболее сильное влияние оказывает производственная деятельность человека, поскольку все предприятия расположены рядом с экологическими системами и непосредственно связаны с ними через потребление воды, воздуха, использование земли и леса [8]. Поэтому, прежде чем проектировать производство, люди должны знать, какой урон нанесут природе строительные работы и деятельность будущего предприятия. В связи с этим разработан и действует Закон об экологической экспертизе, согласно которому в местах нахождения нескольких крупных производств, интенсивно загрязняющих природную среду, строительство новых промышленных предприятий запрещается.

Рассматривая экологические системы, необходимо учитывать их происхождение - природные, созданные с участием человека или искусственные. Например, в искусственных экосистемах отсутствуют экологические ниши, и существование этих систем полностью зависит от человека. Природные экологические системы населены животными и растениями, то есть видами и популяциями, занимающими каждый свою экологическую нишу. *Вид* - это структурная и классификационная единица в системе живых организмов со своим генофондом. Разнообразие видового состава является важной характеристикой экосистемы. *Популяция* представляет собой совокупность особей одного вида, занимающих определённое пространство и способных воспроизводить себя в течение большого числа поколений [8]. Важными характеристиками любой популяции являются: численность, плотность заселения, возрастной состав, соотношение полов, рождаемость, смертность, пространственное распределение.

Популяции и биоценозы. Почему в одних странах увеличивается рост населения, а в других, наоборот, сокращается, и сколько нас должно быть на планете, чтобы она нас смогла обеспечить всеми необходимыми жизненными ресурсами? Ответ на этот вопрос может дать только тщательное исследование популяций. В природе каждый существующий вид представляет сложный комплекс или систему внутривидовых групп - популяций, которые охватывают в своем составе особей со специфическими чертами строения, физиологии и по-

ведения [2]. Исследования популяций, изучение их экологических и генетических характеристик имеет важное практическое значение, например, при борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур, при учете продовольственных ресурсов и др. Например, в начале XX в. из Северной Америки в Европу с грузом картофеля был случайно завезен колорадский жук, борьба с которым ведётся и в настоящее время.

Популяции обладают определенными экологическими характеристиками:

- *популяции неоднородны*, т.е. составляющие их особи неодинаковы и различаются по многим признакам (например, у цветковых растений разные особи, составляющие одну популяцию, зацветают не одновременно: одни растения зацветают чуть раньше, другие чуть позже);

- у популяции приспособительные возможности значительно выше, чем у слагающих ее особей (*толерантность популяции значительно шире, чем у отдельных особей*);

- *популяции способны изменять размеры*, они могут расти, развиваться, поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях.

Таким образом, свойства популяции значительно отличаются от свойств отдельных особей.

При изучении популяций большое значение имеют количественные показатели, характеризующие популяцию, которые принято делить на две группы: статические и динамические (рис. 1.4).

Статические показатели характеризуют состояние популяции на данный момент времени. К ним относятся:

- численность,
- плотность,
- возрастная структура,
- половая структура.

Численность популяции - это общее количество особей одного вида на данной территории или в данном объеме (если речь идет об обитателях водоемов).

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

Плотность популяции характеризуется изменчивостью и зависит от ее численности.



Рис. 1.4. Количественные показатели, характеризующие популяцию

Возрастная структура популяций. Популяция состоит из разных по возрасту особей. У многих животных и растений более длительным является предрепродуктивный период. В тех популяциях, в которых снижается численность, как правило, доминируют старые особи. Для описания возрастной структуры в популяции выделяют возрастные группы, состоящие из организмов одного возраста, и оценивают численность каждой из этих групп.

Половая структура популяции. Генетический механизм определения пола обеспечивает распределение потомства по полу в отношении 1:1. Между особями разного пола могут наблюдаться существенные экологические различия (например, у комаров самки являются кровососущими, а самцы питаются нектаром растений).

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

- рождаемость,
- смертность,
- скорость роста популяций.

Рождаемость, или скорость рождаемости, - это число особей, рождающихся в популяции за единицу времени. Рождаемость зависит от того, сколько раз в году самки проходят через полный цикл размножения и от продолжительности беременности. Рождаемость, или скорость рождаемости, выражают отношением:

$$R_b = \Delta N_n / \Delta t,$$

где ΔN_n - число особей (яиц, семян и т. п.), родившихся (отложенных, продуцированных и т.д.) за некоторый промежуток времени Δt . Для сравнения рождаемости в различных популяциях пользуются величиной удельной рождаемости - отношением скорости рождаемости к исходной численности (N):

$$R_{b \text{ уд}} = \Delta N_n / (N \Delta t).$$

Например, для поддержания численности населения страны или региона на одном уровне каждые 100 женщин детородного возраста за свою жизнь должны родить не менее 215 детей.

На снижение численности популяций оказывает влияние смертность особей в популяции. *Смертность* - величина, обратная рождаемости, но измеряется в тех же величинах и вычисляется по аналогичной формуле:

$$R_d = \Delta N_m / \Delta t,$$

где ΔN_m - число погибших особей (независимо от причины) за время Δt .

Величины рождаемости и смертности могут иметь только положительное или равное нулю значение.

Убыль или прибыль организмов в популяции зависит не только от рождаемости и смертности, но и от скорости их иммиграции и эмиграции, т.е. от количества особей, прибывших в популяцию и покинувших ее за единицу времени соответственно.

Для конкретного географического региона (города, страны, континента) *скорость изменения численности* населения определяется уравнением:

$$R = (R_b - R_d) + (R_i - R_e),$$

где R_i , R_e - соответственно количество иммигрировавших и эмигрировавших особей за единицу времени. Явления иммиграции и эмиграции в природных популяциях на численность влияют несущественно, по-

этому ими при расчетах можно пренебречь [2]. Следовательно, более простое уравнение роста популяции для природных популяций можно записать следующим образом

$$R = R_b - R_d.$$

Анализ последнего уравнения показывает, что если $R_b = R_d$, то $R = 0$, т.е. популяция находится в стационарном состоянии; если же $R_b > R_d$, то происходит численный рост популяции; если $R_b < R_d$, то происходит снижение численности на данном отрезке времени.

Гомеостатичность экологических систем. Естественные экосистемы существуют в течение длительного времени и обладают определённой стабильностью во времени и пространстве [8]. Для обеспечения этой стабильности необходима сбалансированность потоков вещества и энергии, процессов обмена веществ (ассимиляции и диссимиляции) между организмами и окружающей средой. Примером такого обмена веществ является поглощение растениями углекислого газа и выделение кислорода, примером обмена энергией – поглощение солнечных лучей поверхностью земли и излучение (вследствие её нагревания) инфракрасных лучей. В результате постоянного обмена веществами и энергией с окружающей средой ни одна экологическая система не бывает абсолютно стабильной – периодически увеличивается численность популяций одних видов животных и растений и уменьшается численность других. При этом экосистема не ослабевает, а претерпевает качественные изменения, повышающие её устойчивость к воздействиям окружающей среды, но каждая экологическая система по-своему реагирует на них.

С термодинамической точки зрения в экосистеме поддерживается подвижно-стабильное равновесие, называемое гомеостазом. Гомеостаз – это способность экологической системы противостоять влиянию окружающей среды. Следовательно, гомеостатичность является важнейшим условием существования любой экосистемы. Нарушение гомеостатичности приводит к деградации экологических систем (например, Аральское море, озёра Кабан и Лебяжье). В естественных условиях в экологической системе гомеостаз поддерживается тем, что такая система открыта, т.е. непрерывно получает энергию и вещество из окружающей среды. Например, к растениям-фотосинтетикам непрерывно поступает солнечный свет и масса химических веществ.

Мы знаем, что, несмотря на состояние подвижно-стабильного равновесия, экосистема испытывает медленные, но постоянные изменения

во времени, имеющие поступательный характер – сукцессии, и именно они играют важную роль в обеспечении гомеостатичности природных экологических систем. Для искусственной экосистемы справедливы все основные законы природы, но в отличие от природной, она не может рассматриваться как открытая система. Для того чтобы искусственная экологическая система сохраняла режим своего существования, нужно искусственно же поддерживать её гомеостаз. Например, поступающие в аэротенк органические примеси, содержащиеся в сточных водах, сорбируются активным илом, при этом часть органики усваивается микроорганизмами, а часть активного ила с примесями оседает на дно аэротенка и перестаёт работать. При непрерывном поступлении сточных вод в аэротенк органические примеси накапливаются, а концентрация активного ила постепенно снижается, т.е. его прирост за счёт переработки органических примесей оказывается недостаточным для очистки сточных вод и поддержания равновесия в данной искусственной экосистеме. Это приводит к нарушению гомеостаза и, следовательно, к ухудшению очистительной способности аэротенка. Это означает, что нужно искусственно управлять его работой: постоянно нагнетать воздух через барботирующее устройство (производить аэрацию), периодически обновлять активный ил. Таким образом, важнейшим условием гомеостатичности для природных экосистем является их непрерывный обмен веществами и энергией с окружающей средой, для искусственных экологических систем – соблюдение технологического регламента [8].

1.4. Человек как объект экологии

Человек – высшая ступень развития живых организмов на Земле [6]. Биосоциальная природа человека отражается в том, что его жизнь определяется единой системой условий, в которую входят как биологические, так и социальные элементы. «Человек – один из видов животного царства со сложной социальной организацией и трудовой деятельностью, в значительной мере «снимающими» (делающими малозаметными) биологические, в том числе *этологические* (первично-поведенческие) свойства организма» (Н.Ф. Реймерс) [9]. Место человека в экосфере определяется, прежде всего, тем, что именно он ввиду отчуждения от остальной живой природы, из-за большой численности и огромного надбиологического потребления природных ресурсов стал главной причиной нарушения равновесия в природе [1]. При рассмот-

рении взаимоотношений человека с окружающей природой недостаточно констатировать лишь количественную экспансию человеческой цивилизации и масштабы антропогенных воздействий – необходимо понять, как эволюционно сложилась такая ситуация, к чему она ведёт и каким может быть выход из неё.

Основные характеристики эволюции. Согласно современным представлениям понятие эволюции может быть отнесено ко всем без исключения открытым системам, формам материи, временам и фазам её существования. Среди основополагающих принципов естествознания ключевое место занимает *принцип эволюции*: возникновение и образование всех систем обусловлено эволюцией.

Наиболее общие характеристики эволюции:

- *направленность* (от хаоса к упорядоченности, от разрозненности к совокупности, от простого к сложному);

- *необратимость* (каждый этап развития проходится однократно, нет симметрии между прошлым и будущим);

- *неравномерность* (периоды постепенных качественных изменений прерываются качественными скачками, существенно меняющими свойства системы);

- *ускорение* (по мере усложнения системы частота её последовательных качественных изменений увеличивается, эволюция ускоряется);

- *избирательность* (отбираются только те качества системы, которые способствуют сохранению и дальнейшему развитию системы в целом).

По законам физики в открытых системах с протоком (накачкой) энергии при определённых условиях вынужденно возникают динамические (или *диссипативные*, т.е. рассеивающие энергию) структуры в виде циклов, переносящих энергию – упорядоченные круговороты вещества. Может возникнуть впечатление, что динамические структуры возникают сами по себе, однако во всех случаях их создателем является поток энергии – на Земле это поток солнечной энергии. При определённых условиях в динамических системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает степень организованности, это свойство получило название *самоорганизации*.

Существуют две главные причины ускорения эволюции:

- 1) усложнение структур (начиная с уровня электромагнитных связей атомов) придаёт материальным системам всё более совершенные

автокаталитические свойства, благодаря чему существенно ускоряются физико-химические процессы самоорганизации;

2) чем больше упорядочена система, тем меньшим числом знаков записана программа, определяющая структуру и функционирование системы, и, следовательно, тем меньше времени необходимо для каждого последующего шага её самоорганизации.

Критические моменты эволюции – выбор варианта структуры или функции обычно связаны с так называемыми *точками бифуркации* – раздвоением прежнего пути эволюции.

Концепция глобального эволюционизма. Концепция глобального эволюционизма включает в себя практически всю последовательность событий окружающего нас мира: гипотезу Большого взрыва, модель расширяющейся Вселенной, теорию образования звёзд и планет и теории химической, биологической и социальной эволюции. Хронологическая картина может быть приблизительно отображена графиком эволюции материи по параметру атомарной сложности N (для объектов неживой природы – количество атомов, для живых объектов – число атомов в главных информационных макромолекулах – РНК и ДНК) (рис. 1.5). По данным современной космологической модели, время появления первых атомных ядер в расширяющейся Вселенной – около миллиона лет после Большого взрыва. Время появления первых молекул – около 3-х миллиардов лет после Большого взрыва, здесь заканчивается космологическая и начинается химическая стадии эволюции: в эту эпоху благодаря снижению температуры и жёсткости излучений в космосе появились условия для конденсации молекул и образовались первые твердотельные кластеры, состоящие приблизительно из 100 атомов. Важнейшим двигателем планетарной и органической эволюции как её части является непрерывный поток солнечной энергии, постоянно организующий и усложняющий путём автокатализа и отбора циклические динамические системы вещества. Хотя многие детали эволюционного процесса неизвестны, динамика химических циклов в биосфере указывает на прямую связь химической и биологической эволюции: эволюция состоит из добиотической фазы, в ходе которой химическая эволюция наряду с формированием состава литосферы, гидросферы и атмосферы подготавливала субстраты и реакции для возникновения жизни, и собственно биологической эволюции. Можно представить следующую последовательность основных этапов эволюции.

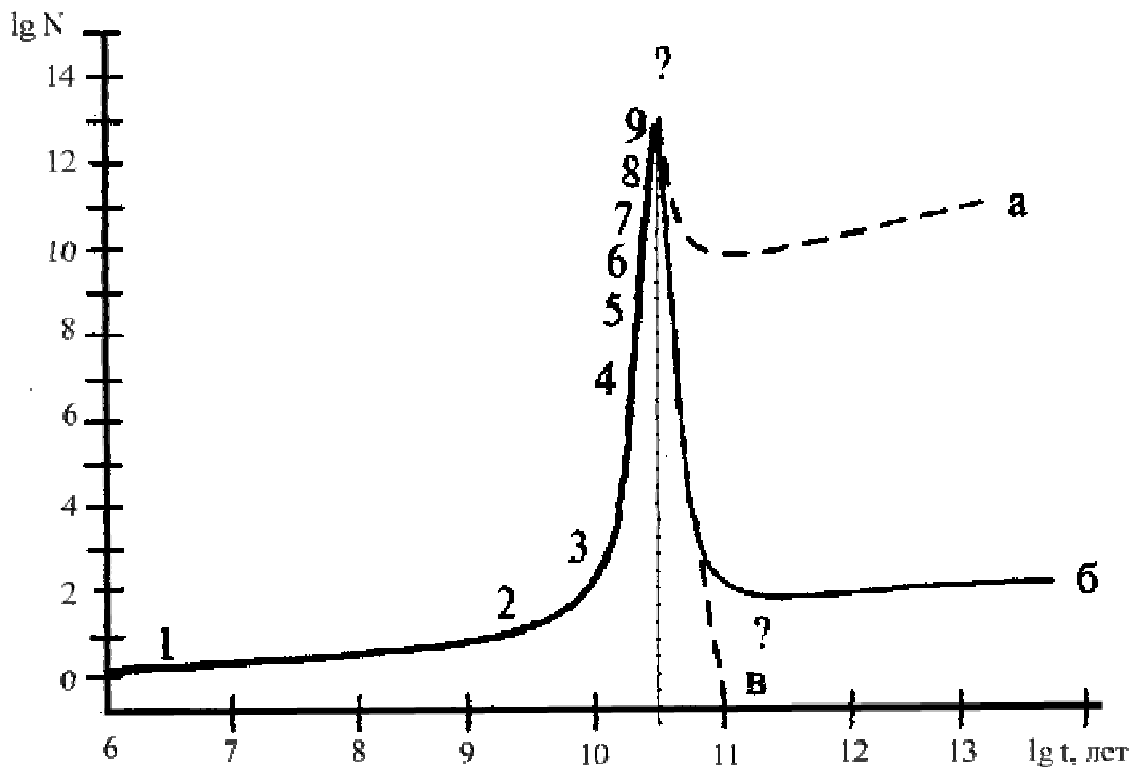


Рис. 1.5. «График» глобальной эволюции. Стадии эволюции материи: 0-1 – космологическая (1 - атом), 2-3-4 – физико-химическая (2 – молекула, 3 – твердотельный кластер, 4 - полимер), 4-5 – происхождение жизни, 5-9 - биологическая (5 – протоклетка, 6 – водоросли, 7 – хордовые, 8 – рыбы, 9 - человек). Вопросительные знаки и пунктир обозначают возможные сценарии будущего: а – земной антропогенный; б, в – космические [1]

Добиотическая эволюция

1. *Образование планеты и её атмосферы* около 4,7 млрд. лет назад: космогенные газовые компоненты образовавшегося планетарного сгустка улетучились и были заменены вторичной гомогенной ювенильной атмосферой. Она формировалась эмиссиями остывающей коры, вулканическими извержениями, имела высокую температуру, была резко восстановительной и содержала остатки водорода, азот, пары воды, оксиды углерода, метан, аммиак, сероводород и др. Физические характеристики среды создавали условия для химического взаимодействия между этими веществами. Во второй половине XX-го века было проведено много модельных экспериментов, в которых смеси перечисленных газов подвергались воздействию электрических разрядов, жесткого излучения, высокой температуры, ударных волн; в полученных растворах и осадках были обнаружены в общей сложности сотни органических веществ, тем самым была доказана принципиальная

возможность абиогенного синтеза органических веществ на ранних этапах химической эволюции на Земле.

2. *Возникновение абиотического круговорота веществ* в атмосфере за счёт её постепенного остывания и энергии солнечного излучения. Образуется большое число органических мономеров.

3. *Абиотическое образование и отбор всё более сложных органических веществ* (предшественников белков, жирных кислот, полисахаридов) в процессах конденсации и полимеризации мономеров и других простых соединений за счёт энергии ультрафиолетового излучения Солнца, радиоактивности и электрических разрядов.

4. *Дальнейшее усложнение органических веществ* приводит к появлению устойчивых коллоидных комплексов макромолекул, обладающих информационными функциями, способностью к молекулярному узнаванию, избирательному катализу и самосборке. Создаются условия для полимеризации и образования макромолекулярных систем типа плёнок и замкнутых мембранных образований, обладающих осмотической реакцией - *протоклеток* (предшественников клеток). Протоклетки образовывались в первобытных водоёмах из полимерного вещества одновременно с образованием органических соединений [1]. Появляются основные компоненты клеточного ядра, типичные для первых простейших.

Биотическая эволюция. В прогрессивной эволюции происходит многократное увеличение целых хромосомных наборов или их частей, приводящее к высокой степени полигенности.

5. *Синтез полимерных структур* – цепей нуклеотидов, из которых в результате отбора на устойчивость образовались РНК (обладающие рибозимальной активностью). Структуризация РНК с участием биомембран создаёт механизмы редупликации и биосинтеза белка. Кодирующие редупликацию РНК становятся программами самовоспроизведения – возникает генетический код и генетическая информация.

6. *Синтез ДНК и формирование структур более совершенного копирующего биосинтеза.* Оксигенизация атмосферы и возникновение озонового экрана делают возможным выход на сушу сначала амфибиальных, а затем и наземных растений и животных.

7. *Увеличение биологического разнообразия и усложнение строения и функциональной организации живых существ и биосферы в целом.* Организмами заняты все экологические ниши на планете. Реализуются основные критерии прогрессивной эволюции:

- 1) повышение энергетического уровня жизненных процессов, повышение скорости метаболизма;
- 2) повышение эффективности размножения, в том числе за счёт усиления заботы о потомстве;
- 3) улучшение восприятия и переработки информации, поступающей из внешней среды, и способности реагировать на внешние раздражители;
- 4) возрастание способности управлять средой обитания и уменьшение зависимости от неё.

Эта стадия эволюции охватывает большую часть фанерозоя – всё последевонское время.

8. Появление человека.

Эта картина эволюции, доведённая до сегодняшнего дня, обрывается на самой стремительной и самой критической для её лидера фазе. Правая часть графика на рис. 1.5, уходящая в далёкое будущее, - область неизвестности. «Развитие биосферы – это цепь катастроф с непредсказуемыми исходами» (Н.Н. Моисеев) [1].

Эволюционные особенности вида. Человек - это составная часть живого, и он не может существовать в естественных условиях вне биосферы и живого вещества определённого эволюционного типа [6]. В эволюции живого вещества на планете есть ряд поворотных пунктов, последним из которых в этой эволюционной сукцессии является появление человека, *Homo sapiens*. Если представить весь период развития органической жизни в масштабе одного года, тогда появление и развитие человека уложится всего в одни сутки. Это приводит к мысли, что человек, как и любой биологический вид на Земле, так же преходящ и вовсе не является «вершиной эволюции», как часто думают сами люди. Первобытный человек вплоть до недавнего времени (до появления сельского хозяйства) представлял обычного всеядного консумента естественных экосистем, жизнь его ещё 1,5 млн лет назад не превышала 20 лет [6]. Столь незначительная продолжительность жизни объясняется тем, что человек жил в ещё нетронутой первозданной природной среде, в которой безраздельно господствовали силы саморегуляции, которым он противостоял теми же способами, что и представители других видов животного мира. Однако, как и любой вид, человек не только зависит от среды, но и сам воздействует на неё. Способность человека мыслить, создание необходимых орудий труда позволяли ему, хотя бы временно преодолевать действие обычных абиотических

и биотических факторов. Научившись преодолевать действие лимитирующих факторов, человек, тем не менее, ещё не одержал полную победу над ними. Таким образом, хотя человек существо социальное, природа всегда будет составлять неотъемлемую часть окружающей человека среды, куда входит и искусственно созданная им среда, и общественные отношения и институты (социум).

За последние 30 лет картина происхождения человека, основанная на *семпальной* (связывающей человека с приматами) теории Ч. Дарвина, существенно пополнилась [1]. Семейство гоминид, к которому относится человек, возникло в экваториальной части Земли, а род Человек - в восточной части Африки и в Южной Азии [6]. В ранние эпохи на Земле существовали несколько видов гоминид, относящихся к двум подсемействам: *австралопитеки* и *просто люди*, из которых сохранился лишь один вид - *Homo sapiens* - человек разумный. Многие учёные считают, что *Homo sapiens* подразделяется на два подвида - *неандертальца* и *современного человека* [6]. По сложившимся представлениям, современный человек, *неоантроп* (подвид *Homo sapiens sapiens*) произошёл от африканской ветви древнего человека - *палеоантропа* рода *Homo* – общего предка с неандертальцем, который находился уже на довольно высоком уровне палеолитической культуры [1]. Перед этим предки человека прошли эволюцию от одной из прогрессивных форм высших человекообразных обезьян, обитавших на деревьях (дриопитек; 22-12 млн лет назад), до «человека предшественного» (*Homo antecessor*; 900-400 тыс. лет назад). Основные факторы антропогенеза, оказавшие влияние на экологию человека, можно представить следующим образом. Около 9-8 млн лет назад климат тропического пояса в Африке заметно изменился, и на больших пространствах лес сменился саванной, это обусловило переход наших предков к наземному образу жизни. Смена экотопов и характера питания (переход от чисто растительной пищи к смешанной) потребовали увеличения кормовой территории и повышенных энергозатрат при добывании пищи.

Около 4,5 млн лет назад сформировался род австралопитеков, которые оставались преимущественно собирателями [1]. Но они не могли приспособиться к дифференциации и сужению пищевых ниш меняющегося сообщества саванн и вымерли около миллиона лет назад. Однако, около 3,5-3 млн лет назад от австралопитеков ответвились первые представители рода *Homo*, которые обладали более грациаль-

ной конституцией и способностью к освоению различных менее специализированных экотопов, где собирательство дополнялось охотой и рыбной ловлей.

Освоение экотопов открытых пространств и увеличение кормовых территорий изменило *социальную организацию* групп архантропов. Важное место в антропогенезе заняло *преобразование репродуктивной функции* и половых отношений. В групповом поведении на основе способности делиться добычей возникает её *распределение*.

Разнообразие мотивов поведения и форм деятельности сделало жизненную обстановку первобытного человека неизмеримо более сложной, чем у любого животного. Необходимость перерабатывать и использовать разнообразную информацию, инструментальная деятельность, расширение эмоциональной и надинстинктивной сфер поведения привели к *быстрому развитию головного мозга*, развитию интеллекта, памяти, ассоциативного мышления. Возникла и получила развитие членораздельная *речь*. Заключительные этапы антропогенеза и начавшийся процесс расселения человека совпали со значительными колебаниями климата – сменой ледниковых периодов и межледниковий в Северном полушарии, чередование периодов повышенного увлажнения с периодами длительных засух в тропическом поясе. Расселение человека сопровождалось возникновением *расового и этнического полиморфизма*, зарождением этносов. *Зачатки техногенеза* (навыки оптимизации микросреды, огонь, одежда, жилище, изготовление и применение всё более совершенных орудий) способствовали освоению разных природных зон и разных стереотипов использования природных ресурсов [1].

Влияние экологических факторов на человека. В любой экологической системе все растения и живые организмы находятся в тесной взаимосвязи с окружающей природной средой, её компонентами и явлениями [8]. Всё разнообразие компонентов и явлений биосферы рассматривается как *экологические факторы*. Экологические факторы подразделяются на *биотические* (факторы живой природы) и *абиотические* (факторы неживой природы) [8].

К абиотическим относятся:

- *климатические факторы* (солнечная энергия, освещённость земной поверхности, влажность атмосферного воздуха, газовый состав воздуха, перемещение воздушных масс (ветры) и температура),

- факторы почвенного покрова,
- факторы водной среды.

Существование человека возможно только в узких пределах изменений состава и давления атмосферы, температуры (зона температурного благополучия 24-34°C), продуктов питания и других экологических факторов. Однако достижения цивилизации существенно расширили для некоторых природных факторов диапазоны благополучного существования человека.

У людей, как и у всех широко распространённых видов организмов (убиквистов), в зависимости от эколого-географических условий меняются внешность (например, цвет кожи, волос, глаз), внутренние физиологические особенности и жизненные потребности [7]. Так, средний рост населения чётко связан с эколого-климатическими типами среды - наиболее велик в оптимальных для жизни медиальных условиях и уменьшается с усилением гумидности или аридности климата. Это особенно хорошо наблюдается для аборигенного населения Африки, где смена зональных условий чётко ритмична.

Также связь с природными условиями обнаруживается, когда далёкие по происхождению и месту обитания народы могут иметь схожие черты облика ввиду схожести условий обитания (например, монголы в Азии и бушмены в Южной Африке). К числу аналогичных физиологических изменений относится содержание гемоглобина в крови, увеличивающееся с высотой и особенно низкое у жителей Астрахани, расположенной ниже уровня моря. Многие особенности состава крови определяются приспособлениями к распространённым в различных регионах заболеваниям.

Зависимость физического состояния населения от местных эколого-географических условий может преодолеваться изменениями реальных экологических воздействий на человеческий организм социальными условиями: особенностями традиций питания, быта, хозяйства, торгового обмена и т.д. Типичный пример влияния социальных условий – акселерация (увеличение среднего роста населения) после Второй мировой войны, причём это явление развивалось в разных странах не одновременно: в первую очередь в развитых странах Запада, затем в странах Восточной Европы, а потом в развивающихся странах. Очевидно, это явление определяется, прежде всего, качественным улучшением питания вследствие усиления торгового обмена, перевозок продовольствия из одних районов в другие [7].

Примерами влияния эколого-географических условий на человеческие потребности являются требования к устройству жилищ и их расположению по отношению к сторонам света в разных регионах (на Севере они повернуты окнами к свету – на юг, на Юге – на север); различные потребности в одежде у жителей полярных и тропических стран.

Подчиняясь, как и всё живое, общим экологическим законам человечество зависит ещё и от специфических видов законов, основным из которых является социальность. Он органически сочетается с влиянием природных условий на все проявления жизнедеятельности людей - от их морфологической индивидуальности до семейных отношений, типов и форм развития общества. Биологическое следствие этого закона таково: благополучие физического существования каждого человека зависит от его полезности для других людей [7].

Эндоэкология. По эволюционно-историческим причинам человеческому организму свойственна дисгармония, как с внешней, так и с внутренней средой: переход к гармонии обеспечивается лишь активной и целенаправленной перестройкой отношений людей с этими средами. Эта дисгармония определяется в основном отставанием темпов эволюции человеческого организма от скорости изменений его отношений со средой обитания. Общеизвестный пример таких дисгармоний – аппендикс: несколько миллионов лет, прошедших с тех пор, как наши предки изменили тип питания, оказалось недостаточным для полного превращения этого отдела слепой кишки из органа пищеварения в железу внутренней секреции.

Экология возникла как наука о взаимоотношениях организмов с окружающей средой, однако внутри каждого организма существует ещё и внутренняя среда. Отрасль экологии, изучающая вопросы, связанные с внутренней средой организма и её влиянием на организм в целом, называется *эндоэкологией*.

Важнейшие явления, происходящие во внутренней среде организмов, определяются следующей системой условий [7].

1. Состояние каждого организма определяется сочетанием его *генотипа* (совокупности генетических особенностей организма), *фенотипа* (реальной совокупности особенностей организма, возникшей в процессе взаимодействия генотипа и среды, в которой развивался организм) и динамики внешней и внутренней среды. Конкретное состоя-

ние организма непрерывно изменяется под влиянием воздействий как со стороны окружающей, так и внутренней сред.

2. Диапазон рациональных реакций внутренней среды организма на внешние воздействия определяется эволюционным опытом вида. Например, при поражении организма ионизирующим излучением происходят небольшие повреждения, однако организм не имеет эволюционного опыта борьбы с ними, и поэтому последствия очень серьёзные. Воздействие на организм вновь синтезированных химических соединений дезорганизует иммунную защиту организма, вызывает аллергические заболевания вплоть до смертельных исходов.

3. С возрастом жизненные функции организма ослабляются постепенным накоплением в его внутренней среде посторонних веществ. Ни одно поглощаемое вещество не переваривается и не выводится без остатка, всегда часть его оседает внутри клеток тела в почти неизменном виде. Например, у свиней, откармливаемых рыбой, сало (а у рыбоядных птиц - мясо) пахнет рыбой; у животных, питающихся смолистыми семенами или почками (например, у клестов), клетки тела пропитываются смолами, и тела ещё при жизни бальзамируются.

4. Возрастные изменения организма имеют частично обратимый характер.

5. Внутренняя среда организмов находится в системе подвижных обоюдосторонних связей с воздействующими на неё органами. Эти взаимосвязи могут служить рычагами управления внутренним миром организма. Основными регуляторами внутренних процессов являются движение, центральная нервная система, кишечник.

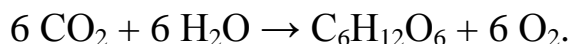
Нормы экологических потребностей человека. За многомиллионный период эволюционного развития у человечества выработались определенные нормы экологических потребностей.

Свет (солнечная энергия) - поступающая от Солнца лучистая энергия в виде электромагнитных волн - оптическая (видимая) (48 %), ультрафиолетовая (7 %) и инфракрасная (45 %) части солнечного спектра (с некоторым преобладанием доли зелёных лучей). Преимущественное значение для жизни на Земле имеют видимые и инфракрасные лучи, а в процессе фотосинтеза наиболее важную роль играют ультрафиолетовые и оранжево-красные лучи [8].

Солнечные лучи являются основой жизни в биосфере, мощность поступления солнечной энергии на Землю составляет примерно 10^{24} Дж/час. Но те же солнечные лучи, особенно их ультрафиолетовая

часть, вызывают атмосферное старение (т.е. оказывают разрушительное воздействие) резины и полимерных материалов. Это обусловлено тем, что синтетические и полимерные материалы не являются природными, а значит, природа не могла предусмотреть их защиту от солнечного воздействия.

Как уже отмечалось, солнечные лучи являются поставщиками необходимой энергии для фотосинтеза, приводящего к образованию биомассы и кислорода в биосфере. Реакция фотосинтеза может быть представлена в следующем виде:



Освещённость земной поверхности играет огромную роль для живых организмов, поскольку практически у всех растений и животных существуют суточные ритмы активности, связанные со сменой дня и ночи. Искусственное освещение, создаваемое мощными прожекторами промышленных предприятий, приводит к значительным изменениям суточных ритмов растений и животных и нарушению нормальной жизни в экологических системах, расположенных в непосредственной близости от них. С другой стороны, знание суточных ритмов помогает людям получать выгоду, не нарушая природной среды, например, при круглогодичном выращивании овощных культур в теплицах. Это показывает, что человек с помощью высокоурожайных агроценозов и высокопродуктивных животноводческих ферм и птицефабрик может прокормить себя без нанесения ущерба окружающей природной среде.

Влажность атмосферного воздуха. Наиболее богаты влагой нижние слои атмосферы до высоты 1,5-2,0 км, где концентрируется примерно 50 % всей атмосферной влаги. Обычно насыщение воздуха парами воды не достигает максимального значения (за исключением тумана). Отношение текущего значения влажности к максимальному, называется *относительной влажностью* и выражается в процентах. При 100 %-ной влажности и температуре 20 °С воздух содержит 17 г/м³ влаги. Влажность оказывает большое влияние на накопление вредных выбросов в местности, она может способствовать образованию смога (лондонского типа) или размножению микроорганизмов, насекомых и растений.

При высокой влажности и наличии солнечного света диоксид серы SO₂ и оксида азота образуют кислоты - серную H₂SO₄ и азотную HNO₃ соответственно, которые, растворяясь в дождевой воде, подкис-

ляют её и выпадают в виде кислотных дождей. Образование кислотных дождей происходит благодаря хорошему растворению диоксида серы и диоксида азота в воде [8].

Влияние антропогенной деятельности на изменение влажности атмосферы может иметь место при строительстве каскада гидроэлектростанций, сооружении градирен для охлаждения тёплой и горячей воды на тепловых электростанциях и промышленных предприятиях.

Осадки представляют собой атмосферную воду в жидком или твёрдом состоянии, падающую из облаков (дождь, снег) или осаждающуюся из воздуха на земной поверхности и на предметах (роса, туман, иней). Осадки определяют миграцию загрязняющих веществ в биосфере. Бывают радиоактивные дожди, когда газообразные выбросы, например, после испытания ядерного оружия разносятся ветрами на большие расстояния. Красные дожди появляются во время песчаных бурь. Дожди, вымывающие из воздуха радиоактивную пыль и частицы песчаных бурь, оказывают существенное влияние на растения и животных экологических систем. Таким образом, очищая воздух, дожди содействуют загрязнению земной поверхности, открытых водоёмов и биоте данных участков.

Воздух (газовый состав атмосферы) не должен содержать большого количества химически активных веществ, но и не должен быть полностью очищенным от примесей (таких, как лёгкие отрицательные ионы, смеси летучих выделений растений, примеси тонкой минеральной пыли), т.к. это ведёт к угнетению организма. Особое значение имеют концентрации кислорода, озона и углекислого газа. Наиболее важный компонент воздуха – кислород – в приземном слое атмосферы имеет постоянную концентрацию (20,95 % об.) [8]. Углекислый газ имеет сравнительно небольшую концентрацию в воздухе (0,033 % об.), но играет очень важную роль в биосфере, поскольку он необходим для процесса фотосинтеза.

Ветер – это движение воздушных масс, он переносит вредные вещества на большие расстояния или рассеивает их в высотных слоях атмосферы.

Температура. Изменение температуры играет важную роль для живых организмов. Верхний температурный предел для бактерий горячих источников составляет 88°C, для сине-зелёных водорослей – 80°C, для самых устойчивых рыб и насекомых – около 50°C. Нижний предел, при котором может быть жизнь достигает -200°C [8].

Вода питьевая должна содержать 0,1-1 г/л ионов минеральных соединений, обычных для поверхностных слоёв земной коры и особенно почвы.

Шум. Недопустимы воздействия силой свыше 80-90 дБ и длительное снижение звукового фона до 1-2 дБ, оптимальная среднесуточная сила шумового фона – примерно 10-20 дБ.

Движение. Человек должен находиться в движении более половины времени бодрствования.

Биологические факторы среды влияют на человека как прямым, так и опосредованным путём. Например, растения дают нам не только кислород для дыхания, они выделяют множество летучих, физиологически активных веществ, среди которых наиболее известны фитонциды – выделения, губительные для микробов. Растения поглощают шум, пыль, играют важную роль в психоэмоциональном настрое. Так установлено, что в городах, где на человека приходится менее 10 м² зелёных насаждений, заболеваемость и смертность населения резко возрастает. Прямое влияние на здоровье человека со стороны животных незначительно. Однако большую отрицательную роль играют животные – хранители и переносчики инфекционных заболеваний, среди которых наиболее значимы природно-очаговые заболевания (например, весенне-летний таёжный энцефалит).

Техногенные факторы создают разнообразные отклонения от средних биосферных «норм», одни из которых не имеют принципиальных отличий от местных естественных аномалий в характере биосферы, другие же совершенно необычны, принципиально новы как для биосферы, так и для человеческого организма.

1.5. Экология и здоровье человека

Определение здоровья сформулировано в Уставе ВОЗ следующим образом: «Здоровье – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов» [6].

Влияние природно-экологических факторов на здоровье человека. Рассмотрим здоровье населения с точки зрения специфического влияния факторов среды и экологических поражений [1]. Экологические аспекты патологии многообразны.

К патологиям «образа жизни» относится большое число заболеваний, прямо или опосредованно вызванных различными отклонения-

ми от оптимальных норм двигательной активности, физических и психо-эмоциональных нагрузок, режима питания, работы, отдыха и социальных контактов.

Природные экологические аспекты патологии связаны в основном с географическими факторами размещения популяций и распространения болезней. В зависимости от конкретных причин они распадаются на три категории:

1) непосредственной причиной нарушения нормальной жизнедеятельности организма могут быть *абиотические факторы* среды, присущие какой-либо природной зоне (влияние зонального климата);

2) роль географических факторов выражается также в различных нарушениях, связанных с питанием, когда в пище или питьевой воде длительное время отсутствуют или находятся в дефиците незаменимые нутриенты (особенности химического состава почвы);

3) происхождение и распространение многих заболеваний связаны с *биотическими компонентами* окружающей среды – вирусами, бактериями, простейшими, всевозможными паразитами и их переносчиками и промежуточными хозяевами – различными животными.

Медицина по праву гордится победами над многими страшными инфекциями, но, строго говоря, ни одну из этих побед нельзя считать абсолютной, так как ни один вид патогенных организмов и переносчиков окончательно не уничтожен и вряд ли может быть уничтожен. Генетический аппарат современного человека перегружен иммунологической информацией - генами, ответственными за синтез тысяч различных антител, тем не менее, наш иммунитет всё чаще не справляется с новыми вызовами окружающей среды [1].

Изначально *Homo sapiens* жил в природной среде, как и все консументы экосистемы и был практически незащищён от действия лимитирующих экологических факторов. Среди причин смертности на первом месте стояли *патогенные* (вызывающие болезни) воздействия природного характера. Особое значение среди них имели инфекционные болезни, отличающиеся, как правило, природной очаговостью [6]. Суть *природной очаговости* в том, что возбудители болезней, специфические переносчики и животные аккумуляторы, хранители возбудителя, существуют в данных природных условиях (очагах) независимо от того, обитает здесь человек или нет. Человек может заразиться от диких животных – грызунов, птиц, насекомых и др. Все эти животные входят в состав биоценоза экосистемы, связанного с определённым

биотопом. Природно-очаговые болезни являлись основной причиной гибели людей вплоть до начала XX-го века, наиболее страшной из них была чума. Чума – острое инфекционное заболевание человека и животных, относится к карантинным болезням.

Заболевания, связанные с окружающей человека природной средой, существуют и в настоящее время, хотя с ними ведётся постоянная борьба. Их существование объясняется, в частности, причинами сугубо экологической природы, например *резистентностью* (выработкой сопротивления к различным факторам воздействия) носителей возбудителей и самих возбудителей болезней. Характерным примером этих процессов является борьба с малярией.

Малярия – заболевание, вызываемое заражением паразитами рода *Plasmodium*, передаваемое укусом заражённого малярийного комара. По данным ЮНЕП (1979) в 1955 г. число заболевших малярией составляло 200-250 млн человек из 2,65 млрд проживавших в то время в малярийных районах, и умирало ежегодно примерно 2 млн человек. В 1943 г. против комаров начали применять ДДТ, но уже к 70-м гг. число популяций комаров, стойких к ДДТ возросло на столько, что число заболеваний, например в Индии, за 10 лет увеличилось более чем в 100 раз. Всё больше внимания уделяется комплексным, экологически оправданным методам борьбы с малярией – методам «управления жизненной средой» (осушение заболоченных территорий, уменьшение солёности воды и др.) и биологическим методам (использование других организмов для снижения опасности комара – личиноядных рыб, микробов, вызывающих болезни и гибель комаров).

Чума и другие инфекционные болезни (холера, малярия, сибирская язва, туляремия, дизентерия, дифтерия, скарлатина и др.) уничтожали людей различного возраста, в том числе и репродуктивного, что обусловило медленный рост населения (первый миллиард жителей Земли появился в 1860 г.). В XX в. развитие профилактической медицины, улучшение санитарно-гигиенических условий, повышение культурного уровня и образованности человечества привели к резкому снижению заболеваемости природно-очаговыми болезнями, а некоторые из них практически исчезли.

К природно-очаговому характеру можно отнести воздействия на биоту и человека аномальных участков геофизических полей, т.е. участков поверхности Земли, отличающихся количественными характеристиками от естественного фона, которые могут стать источником

возникновения болезней биоты и человека. Для борьбы с действием естественных факторов регуляции экосистемы человеку пришлось использовать природные ресурсы, в том числе и невозполнимые, и создать искусственную среду для своего выживания. Искусственная среда также требует адаптации к себе, которая происходит через болезни. Главную роль в возникновении болезней в данном случае играют следующие факторы: гиподинамия, переедание, информационное изобилие, психоэмоциональный стресс.

Влияние социально-экологических факторов на здоровье человека. Природная среда сейчас сохранилась лишь там, где она не была доступна людям для её преобразования. Социальная среда сложно интегрируется с любой окружающей человека средой и все факторы каждой из сред «тесно взаимосвязаны между собой и испытывают объективные и субъективные стороны “качества среды жизни”» (Реймерс) [6]. Эта множественность факторов заставляет более осторожно относиться к оценке качества жизни человека по состоянию здоровья.

С медико-биологических позиций наибольшее влияние экологические факторы городской среды оказывают на следующие тенденции:

- процесс акселерации;
- нарушение биоритмов;
- аллергизация населения;
- рост онкологической заболеваемости и смертности;
- рост доли лиц с избыточным весом;
- отставание физиологического возраста от календарного;
- «омоложение» многих форм патологий;
- абиологическая тенденция в организации жизни.

Акселерация – это ускорения развития отдельных органов или частей организма по сравнению с некой биологической нормой.

Биологические ритмы - важнейший механизм регуляции функций биологических систем, сформировавшийся, как правило, под воздействием абиотических факторов.

Аллергизация населения - одна из основных новых черт в изменённой структуре патологии людей в городской среде. Причина аллергических заболеваний (бронхиальная астма, крапивница, лекарственная аллергия, ревматизм, волчанка красная и др.) в нарушении иммунной системы человека, которая в результате эволюции находилась в равновесии с природной средой.

Онкологическая заболеваемость и смертность - одна из наиболее показательных медицинских тенденций неблагополучия в данном городе или, например, в заражённой радиацией сельской местности [6]. Эти заболевания вызываются опухолями (греч. «onkos») – *доброкачественными* (уплотняющими или раздвигающими окружающие ткани) и *злокачественными* (прорастающими в окружающие ткани и разрушающими их). Развитие злокачественных опухолей (т.е. заболевание раком) может возникнуть в результате длительного контакта с определёнными (канцерогенными) веществами: рак лёгких – у рудокопов урановых рудников, рак кожи – у трубочистов и т.п. *Канцерогенные вещества* (греч. «рождающие рак»), или просто *канцерогены*, - это химические соединения, которые при воздействии на организм способны вызвать в нём злокачественные и доброкачественные новообразования. Помимо канцерогенных веществ опухоли вызываются ещё и опухолеродными вирусами, а также действием некоторых излучений (ультрафиолетового, рентгеновского, радиоактивного и др.). Кроме человека и животных опухоли поражают и растения.

В экономически развитых странах смертность от рака стоит на втором месте. Известна приуроченность отдельных форм рака к тем или иным условиям. Таким образом, ярко выделяется зависимость между раковыми заболеваниями и экологической обстановкой, т.е. качеством окружающей среды, в том числе и городской. Экологический подход к этому явлению говорит о том, что первопричиной рака в большинстве случаев являются процессы и приспособления обмена веществ к воздействию новых факторов, отличных от природных, и в частности канцерогенных веществ.

Рост доли лиц с избыточным весом – также явление, вызванное особенностями городской среды.

Рождение на свет большого количества недоношенных детей, а значит, физически незрелых, - показатель крайне неблагоприятного состояния среды обитания человека.

Инфекционные болезни тоже не искоренены в городах. В последние годы в Юго-Восточной Азии люди гибнут от совершенно новых эпидемий – «атипичная пневмония» в Китае, «птичий грипп» в Таиланде.

Абиологические тенденции, под которыми понимаются такие черты жизни человека, как гиподинамия, курение, наркомания и другие,

тоже являются причиной многих заболеваний – ожирение, рак, кардиологические болезни и проч.

Современное состояние человека как биологического вида характеризуется ещё целым рядом медико-биологических тенденций, связанных с изменениями в городской среде: рост близорукости и кариеса зубов у школьников, возрастание доли хронических заболеваний, появление ранее неизвестных болезней – производных научно-технического прогресса: радиационная, авиационная, автомобильная, лекарственная, многие профессиональные заболевания и т.д. В приложении к человеку нельзя отрывать биологическое от воспринятого в ходе социальной адаптации.

В России за последние более чем 10 лет демографическая ситуация стала критической: смертность стала превышать рождаемость в среднем по стране в 1,7 раза, а в 2000 г. – в 2 раза. В 1995 г. в России был зарегистрирован один из самых низких в мире показателей рождаемости – 9,2 младенца на 1000 человек, в то время как в 1987 г. он составлял 17,2. Всё это произошло в результате резкого изменения (практически на противоположные) большинства социальных факторов почти у 90 % населения, что привело 70 % населения России в состояние затяжного психоэмоционального и социального стресса, который истощает приспособительные и компенсаторные механизмы, поддерживающие здоровье. Если события и дальше будут так развиваться, то «на территории России в обозримой перспективе возможен «страшный взрыв», с катастрофически уменьшающейся численностью населения и снижения продолжительности жизни» (В.Ф. Протасов) [6].

Наследственность человека. Созданная в процессе становления вида *Homo sapiens* генетическая программа определяет его как биологический вид. Тем не менее, от поколения к поколению ДНК человека вовлекаются в разнообразные генетические процессы (как и ДНК всех остальных животных):

- 1) *мутационный процесс*, непосредственно изменяющий структуру ДНК;
- 2) *миграция генов* – отток или приток генов из других популяций;
- 3) *дрейф генов* – случайные колебания частот генов;
- 4) *естественный отбор* – направленно изменяющий частоты генетических признаков.

Мутационный процесс в условиях естественного фона радиации не может повлиять на жизнь популяций.

Случайный дрейф и миграции генов среди животных – обычное явление, приводящее к образованию экотипов, которые развиваясь изолированно, могут образовать в результате эволюции новую расу или даже новую видовую популяцию. В настоящее время в условиях развитости транспорта, миграции из села в город и вообще подвижности населения географические расстояния уже не играют роли и генный дрейф теряет значение как фактор популяционной динамики. Изменение параметров миграции приводит к расширению круга брачных связей, к увеличению роли межнациональных и *гетеролокальных* (на больших расстояниях от мест жительства) браков. Однако нельзя забывать, что человек ещё и социальное существо, поэтому на его генофонд весьма активно действуют общественные отношения.

Естественный отбор сыграл решающую роль в эволюции всех видов, в том числе и *Homo sapiens*. Благодаря социальным преобразованиям и развитию медицины в развитых странах давление естественного отбора значительно снизилось. Несмотря на это, примерно 50 % первичного генофонда не воспроизводится в следующем поколении, и значительная часть этих явлений генетически обусловлена [6].

В ходе эволюции и развития цивилизации человечество как вид избавилось от конкурентов и врагов, смогло значительно ослабить давление инфекций, паразитов и дефицита биоресурсов [1]. Но вместе с тем человечество накопило опасный генетический груз за счёт мутаций, большинство из которых не сохранились бы, если бы естественный отбор продолжал действовать так, как он действует в природных популяциях животных. Число выявленных форм наследственных болезней и отклонений увеличивается с каждым годом; в настоящее время их описано более трёх тысяч. Большое число врождённых дефектов обусловлено мутациями нескольких генов. Наследственные болезни составляют только часть многочисленных недугов человека, но они становятся всё более ответственными за общую заболеваемость, поскольку их сочетание с инфекционными и неинфекционными болезнями, патологиями «образа жизни» и внешними экологическими причинами патологии создаёт тот уровень нездоровья современного человека, который был бы совершенно невыносим в природе. По данным сводки ВОЗ (2002), на долю неинфекционных заболеваний в мире приходится более 53 % общей смертности, в том числе 87 % смертности в развитых странах (преимущественно за счёт сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний) и 47 % в развивающихся

странах. Массовое применение антибиотиков во второй половине XX в. существенно повысило уязвимость больших контингентов населения, так как с одной стороны ослабило естественный иммунитет людей, а с другой – усилило способность микроорганизмов уходить из-под контроля лекарств. Люди всегда были озабочены продолжительностью жизни, и она считается одним из важных критериев социального благополучия. Но не нужно забывать, что для части любой популяции смерть от естественных причин в раннем и среднем возрасте биологически вполне закономерна. Даже без обзора мировой или национальной медицинской статистики ясно, что с точки зрения эволюционной экологии человека качество людей по критериям здоровья очень низкое и продолжает снижаться [1].

Гигиена и здоровье человека. Сохранение здоровья или возникновение болезни – это результат сложных взаимодействий внутренних биосистем организма и внешних факторов окружающей среды [6]. Понимание этих сложных взаимодействий явилось основой для возникновения профилактической медицины и её научной дисциплины – гигиены. *Гигиена* – это наука о здоровом образе жизни. Гигиена изучает влияние разнообразных факторов среды на здоровье человека, его работоспособность и продолжительность жизни. Главным стратегическим направлением в научно-практической деятельности гигиенистов является научное обоснование того экологического оптимума, которому обязана соответствовать среда обитания человека. От того, насколько верен этот «оптимум» в конкретном районе, городе и даже регионе, зависит очень многое, и прежде всего надёжность и правильность принимаемых решений. Здоровье и благополучие человека зависят от решения множества проблем, в том числе – перенаселения Земли в целом и отдельных регионов, ухудшение среды жизни городов и сельской местности, а отсюда – ухудшение здоровья людей, возникновение «психологической усталости» и т.п. Если гигиена исходит из задач улучшения общественного здоровья через повышение качества окружающей среды на всех её уровнях, то индивидуальное здоровье человека всесторонне рассматривает интенсивно развивающаяся в последнее время отрасль медицины – *валеология* [6].

II. Глобальные проблемы окружающей среды, экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы

2.1. Глобальные экологические проблемы современности

Понятие «проблема» широко используется в науке и на практике и предполагает возникновение какой-то задачи, как правило, негативной, требующей изучения и решения [10]. Эколого-географическая проблема означает появление негативных ситуаций во взаимоотношениях между организмами (человеком) и окружающей средой, имеющих пространственное выражение. Экологические проблемы связаны с нарушением структуры и функционирования природных систем, приводящим к социальным и экономическим последствиям (табл. 2.1). Таким образом, экологические проблемы близки по своему содержанию к проблемам природопользования. Так из всего многообразия проблем природопользования выделяют экологические.

Таблица 2.1

Основные экологические проблемы при различных видах антропогенных воздействий [10]

Вид антропогенного воздействия	Экологические проблемы
Охотничье промысловое хозяйство	Б
Выпас скота	Б, П
Рубки леса	Б, П, В
Богарное земледелие	П, Б, В
Осушение	П, В, Б, Н
Орошение	П, В, Н
Гидротехническое строительство	Н, В, П, Б
Урбанизация, обрабатывающая промышленность	А, Н, В, Б, П
Транспорт	А, Н, П, Б, В
Поиск и добыча полезных ископаемых	Н, В, Б, П, А
Тепловая энергетика	А, В, Б, П

Условные обозначения: Б – деградация и истощение биоты; П - деградация и загрязнение почв; В – загрязнение и истощение вод, нарушение водного режима; Н – комплексное нарушение земель и разрушение локальных геосистем; А – загрязнение атмосферы.

Какие же экологические проблемы необходимо учитывать в первую очередь? Наиболее полный их список приводит Н.Ф. Реймерс. Большинство перечисленных им проблем широко освещено в печати. Менее известны проблемы антропогенного освобождения экологических ниш и заполнения

их вредными и опасными организмами, в том числе болезнетворными (вероятно таков был механизм распространения вируса иммунодефицита человека (ВИЧ), вызывающего пока неизлечимое заболевание – СПИД, и возбудителя лейкозов скота). Поскольку человечество стало глобально целостным физически, политически и экономически, но не социально, сохраняется угроза военных конфликтов. Увеличение численности населения в развивающихся странах и их промышленное развитие вызывает вторую волну экологического кризиса.

«Истоки» экологических проблем можно без труда отыскать, рассмотрев основные экологически значимые характеристики отдельных стран (табл. 2.2).

Этапы формирования глобальных экологических проблем можно представить в следующей последовательности: экологические проблемы, возникающие в масштабах отдельного предприятия, промышленного района, региона, страны, континента и земного шара [8]. Такая последовательность вполне закономерна, поскольку предприятия различных стран, производящие одну и ту же продукцию, выбрасывают в окружающую среду одни и те же загрязняющие вещества. Например, общими выбросами для всех тепловых электростанций, сжигающих каменный уголь и мазут, являются оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода и углекислый газ [8]. Именно огромные масштабы антропогенного воздействия на атмосферу зачастую называются основной причиной экологических проблем. Присутствие в приземном слое воздуха тонкодисперсных частиц и озона стало серьезной угрозой здоровью, особенно у наиболее уязвимых групп людей – детей и стариков [1].

Как известно, научно-техническая революция дала человечеству обладание атомной энергией, которая, кроме блага, привела к радиоактивному загрязнению обширных территорий. Например, возникшая реактивная скоростная авиация разрушает озоновый слой атмосферы.

В настоящее время *главными экологическими проблемами*, возникшими под влиянием антропогенной деятельности, стали:

- рост численности населения,
- усиление парникового эффекта,
- нарушение озонового слоя,
- обезлесивание и опустынивание территорий,
- загрязнение атмосферы и гидросферы особо токсичными веществами,
- сокращение площади тропических лесов,

- выпадение кислотных дождей,
- уменьшение биоразнообразия.

Таблица 2.2

Экологически значимые характеристики отдельных стран
(в % к мировому уровню) [10]

Характеристика	Рос- сия	Гер- мания	Фран- ция	Велико- британия	США
Территория	12	0,26	0,42	0,18	7
Лесопокрытая площадь	21	0,25	0,35	0,05	7
Площадь внетропических лесов	46	0,62	0,88	0,13	17
Площадь «диких» земель	15	0	0	0	0,7
Длина морского побережья	8	0,4	0,57	2,1	3,3
Площадь охраняемых территорий	4	0,94	0,57	0,53	13,5
Возобновимые ресурсы речных вод	9,2	0,23	0,42	0,29	6,1
Население	2,6	1,42	1,0	1,0	4,6
Городское население	4,3	2,73	1,63	2,0	7,8
Плотность населения (мир = 100 %)	20	536	242	552	63
Площадь пашни	9,2	0,82	1,32	0,45	12,9
Площадь пастбищ	2,3	0,15	0,32	0,32	7,1
ВВП	1,2	7,91	5,38	4,36	26,6
Производство электроэнергии	6,7	4,75	4,35	2,95	32,4
Производство электроэнергии на АЭС	5,5	7,0	17,0	4,1	28,1
Потребление энергии	9,2	4,2	2,8	2,9	25,1
Выбросы в атмосферу:					
CO ₂	8,0	3,6	1,5	2,4	24,1
SO ₂	6,29	2,3	0,4	0,7	12,4
NO ₂	6,0	4,2	2,2	3,4	30,9
CO	7,5	5,2	5,5	3,2	44,6
твёрдые вещества	5,2	2,3	0,4	0,7	12,4
Крупные водохранилища:					
количество	4	0,5	1,0	0,5	28
суммарный полный объём	15	0,03	0,1	0,04	14
Использование водных ресурсов	2,78	1,42	1,16	1,07	14,42
Вложение техногенной энергии на единицу территории (мир = 100 %)	72	1 900	-	1 613	336

В связи с этим необходимы самые широкие исследования и глубокий анализ изменений, происходящих в области глобальной экологии, что могло бы помочь в принятии кардинальных решений на самом высоком уровне, чтобы уменьшить ущерб, наносимый природным условиям, и обеспечить благоприятную среду обитания [10].

Рассмотрим некоторые из глобальных экологических проблем более подробно.

Рост численности населения Земли. Исходными причинами появившихся в конце XX в. глобальных экологических проблем большей частью являются демографический взрыв и научно-техническая революция. Демографическая проблема относится к одной из самых тяжёлых в связи с тем, что для её решения требуется наиболее длительный период времени – не менее трёх-четырёх поколений, т.е. около века [10].

Численность населения Земли в 1950 г. была равной 2,5 млрд человек, в 1984 г. она удвоилась и к середине первого десятилетия XXI в. достигла 6,38 млрд человек [1, 10]. Динамика роста населения Земли за последние 200 лет представлена в таблице 2.3. При этом в развитых странах число жителей не превышает 1,5 млрд человек, а все остальные проживают в развивающихся странах [8]. Полагают, что в предстоящие 40-50 лет численность населения Земли удвоится и стабилизируется на уровне 10-11 млрд человек [8].

Таблица 2.3

Рост численности населения Земли [1, 8]

Годы	1800	1900	1930	1950	1960	1975	1987	1998	2000	2005
Численность населения, млрд. чел.	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	6,1	6,4

Интенсивный рост населения в развивающихся странах представляет большую опасность для окружающей природной среды вследствие того, что при создании новых пахотных земель используются варварские методы уничтожения тропических лесов [8]. Кроме того, рост численности населения Земли сопровождается колоссальным возрастанием объёмов бытовых отходов. Вследствие добычи полезных ископаемых, возрастания объёма производства в различных отраслях промышленности, увеличения числа транспортных средств, повышения потребления энергии и природных ресурсов (каковыми являются вода,

воздух, лесные массивы и полезные ископаемые) рост численности населения Земли вызывает необходимость интенсификации воздействия на природную среду. Об этом свидетельствуют некоторые показатели социально-экономического развития мира (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Возрастание антропогенной нагрузки на природную среду с ростом численности населения [8]

Показатели	1970 г.	1990 г.
Численность населения земного шара, млрд чел.	3,6	5,3
Количество зарегистрированных автомобилей, млн шт.	250	560
Годовое потребление нефти, млрд т	2,7	3,8
Годовое потребление газа, трлн м ³	0,877	1,981
Годовое потребление угля, млрд т	2,3	5,2
Годовое производство отходов в городах, млн т	302	420

Приведённые в таблице данные свидетельствуют о том, что остальные глобальные экологические проблемы обусловлены резким ростом численности населения земного шара. Схематически взаимосвязь между глобальными экологическими проблемами представлена на рисунке 2.1.

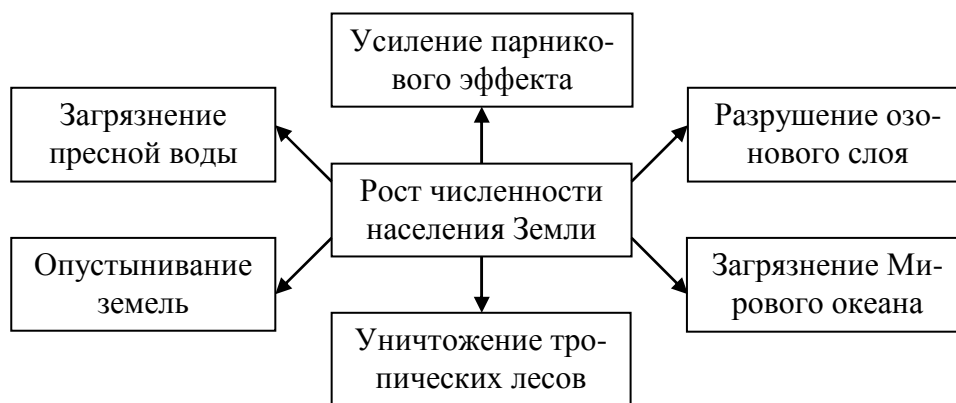


Рисунок 2.1. Взаимосвязь между глобальными экологическими проблемами [8]

На первый взгляд может показаться, что некоторые глобальные экологические проблемы касаются лишь тех стран и континентов, где наносится серьёзный ущерб природной среде, например, уничтожение тропических лесов. Однако не следует забывать, что атмосферный воздух распределяется не по странам и континентам, а по всему земному

шару, и все экологические проблемы, так или иначе, касаются всего населения Земли.

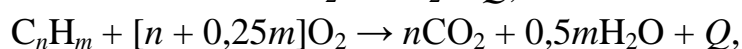
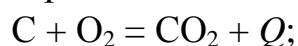
Основные виды антропогенных воздействий на биосферу. Биосфера, весьма динамичная планетарная экосистема, во все периоды своего эволюционного развития постоянно изменялась под воздействием различных природных процессов [6]. Главным событием эволюции биосферы признавалось приспособление организмов к изменившимся внешним условиям путём изменения внутривидовой информации. Однако по мере возникновения, совершенствования и распространения новых технологий (охота – земледельческая культура – промышленная революция) планетарная экологическая система, адаптированная к воздействию природных факторов, всё в большей степени стала испытывать влияние новых небывалых по силе, мощности и разнообразию воздействий.

Известный эколог Б. Коммонер (1974) выделял пять, по его мнению, *основных видов вмешательства человека в экологические процессы*:

- 1) упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;
- 2) концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- 3) рост числа ядовитых отходов от химических производств;
- 4) введение в экосистему новых видов;
- 5) появление генетических изменений в организмах растений и животных.

Подавляющая часть антропогенных воздействий носит целенаправленный характер, т.е. осуществляется человеком сознательно во имя достижения конкретных целей [6].

Проблемы техногенного загрязнения. Источниками большей части техногенных загрязнений являются *термохимические процессы в энергетике* – сжигание топлива, а также связанные с ним термические и химические процессы и утечки, определяющие при этом эмиссию углекислого газа CO_2 , паров воды H_2O и теплоты Q :



где $Q = (102,2n + 47,7m)$ кДж/моль [1]. Сопутствующие реакции, определяющие эмиссию других загрязнителей, связаны с содержанием примесей в топливе, термоокислением азота воздуха и *вторичными реак-*

циями, происходящими уже в окружающей среде. Указанные процессы обуславливают до 85 % химического загрязнения атмосферы, до 35 % наиболее токсичного загрязнения поверхности земли и поверхностных вод, а также частично радиационное загрязнение.

Кроме указанных веществ, в твёрдых, жидких и газообразных отходах ТЭС содержатся:

- углеводороды,
- сульфаты,
- хлориды,
- фосфаты,
- фтористые соединения,
- соли тяжёлых металлов.

Тем не менее, следует отметить, что благодаря существенному снижению общей токсичности выбросов в Европе и Северной Америке мировой уровень загрязнения окружающей среды от ТЭС за последние 20-25 лет почти не изменился.

Зато уровень загрязнения, связанный с эксплуатацией автотранспорта, возрос, так как число автомобилей в мире росло быстрее, чем совершенствовались двигатели и устройства очистки выхлопных газов. Обмен веществ автомобиля с карбюраторным двигателем при расходе горючего в смешанном режиме движения 6 кг на 100 км таков: при оптимальной работе двигателя сжигание 1 кг бензина сопровождается потреблением 13,5 кг воздуха и выбросом 14,5 кг отработанных веществ. Следует также иметь в виду, что в практике эксплуатации автотранспорта весьма значительны разливы и утечки горючего и масел, образование металлической, резиновой и асфальтовой пыли, вредных аэрозолей. Именно автомобиль является самым «эффективным» и сильнейшим источником загрязнения окружающей среды.

Большое количество загрязнителей атмосферы образуется при различных производственных процессах в чёрной и цветной металлургии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, химии и нефтехимии, машиностроении.

Масштабы загрязнения территории или акватории каким-либо источником определяются многими факторами, среди которых ключевыми являются мощность источника, состав эмиссии, подвижность транспортирующей среды и другие внешние условия рассеяния.

Схема антропогенного материального баланса представлена на рисунке 2.2. Общая масса отходов современного человечества и про-

дуктов техносферы составляет около 140 Гт/год, из которых около 9 Гт - это масса изделий, или так называемый «отложенный отход». Преобладающая масса техногенных материалов, оказывающихся на поверхности земли и в донных отложениях водоёмов, химически инертна - это отвалы пустой породы, терриконы, золо- и шлакоотвалы. Но объёмы их настолько велики, что даже при малых концентрациях в них токсичных примесей суммарно окружающая природа получает огромное количество опасных веществ.

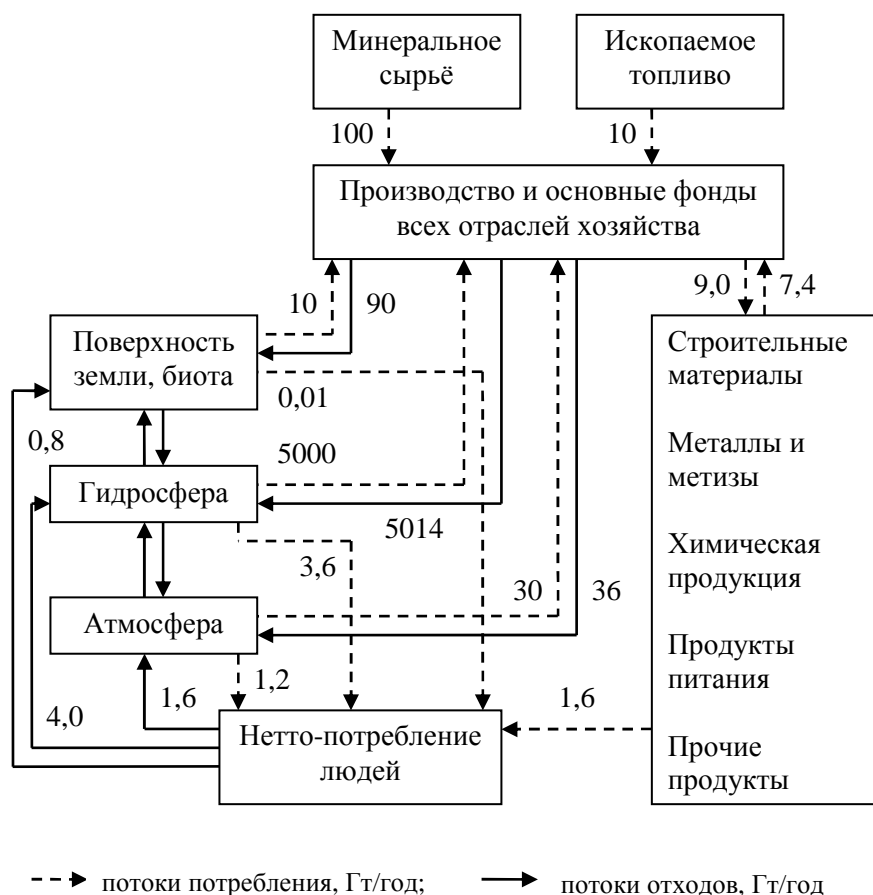


Рисунок 2.2. Схема глобального антропогенного материального цикла [1]

По различным экспертным оценкам, общая масса техногенных эмиссий, относимых к разным классам опасности, составляет 5-8 Гт/год, т.е. примерно 0,8-1,3 кг на каждого жителя Земли. По относительно стабильным концентрациям на земле, в континентальных водоёмах и приземных слоях воздуха массы токсичных загрязнителей распределяются в соотношении 3 : 2 : 1. Химизация атмосферы достигла к настоящему времени таких масштабов, которые заметно влияют на геохимический облик всей экосферы [11].

Загрязнение атмосферы. Техногенные выбросы в воздушную среду включают десятки тысяч различных соединений. Наибольшая загрязнённость атмосферы приурочена к индустриальным регионам. В России среди промышленных центров, наиболее сильно загрязняющих атмосферу, первые места занимают города Норильск (2300 тыс. т/год), Магнитогорск (770), Липецк (640), Череповец (600), Новокузнецк (570), Нижний Тагил (550). Между тем, хотя Россия в целом не является основным поставщиком вредных выбросов в атмосферу, она занимает невыгодное географическое положение по отношению к трансграничному переносу аэрополлютантов.

Для интегральной оценки состояния воздушного бассейна применяют *индекс суммарного загрязнения атмосферы*

$$I_m = \sum_{i=1}^m (q_i A_i)^{C_i},$$

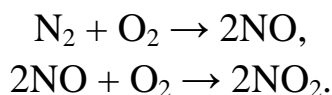
где q_i – средняя за год концентрация в воздухе i -го вещества;

A_i – коэффициент опасности i -го вещества, обратный ПДК этого вещества: $A_i = 1/\text{ПДК}_i$;

C_i – коэффициент, зависящий от класса опасности вещества: C_i равно 1,5, 1,3, 1,0 и 0,85 соответственно для веществ 1, 2, 3 и 4-го классов опасности;

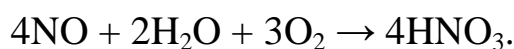
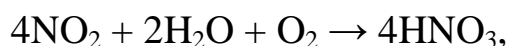
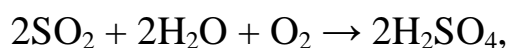
I_m является упрощённым показателем и рассчитывается обычно для $m = 5$ – наиболее значимых концентраций веществ, определяющих суммарное загрязнение воздуха. В эту пятёрку чаще других попадают такие вещества, как бенз(а)пирен, формальдегид, фенол, аммиак, диоксид азота, сероуглерод, пыль. По ряду показателей, в первую очередь по массе и распространённости вредных эффектов, атмосферным загрязнителем номер один считают диоксид серы SO_2 .

В связи с увеличением мощности высокотемпературных процессов, переводом многих ТЭС на газ и расширением парка автомобилей растут выбросы окислов азота, образующихся при окислении атмосферного азота:



Поступление в атмосферу больших количеств SO_2 и окислов азота вызывает заметное снижение кислотности pH атмосферных осадков. Это происходит из-за вторичных реакций в атмосфере, приводящих к образованию сильных кислот – серной и азотной. В этих реакциях уча-

ствуют кислород и пары воды, а также частицы техногенной пыли в качестве катализаторов:



Здесь приведены суммарные реакции; на самом деле они многоступенчатые. Следует напомнить, что рН – это отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов, и, следовательно, вода с рН = 2,7 в тысячу раз кислее воды с рН = 5,7 ($10^{-2,7} \approx 2 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $10^{5,7} \approx 2 \cdot 10^{-6}$ моль/л или, что то же самое $-\lg(2 \cdot 10^{-3}) = -(-2,7) = 2,7$).

Природные комплексы Канады и Северной Европы в 1960-1980-е гг. серьёзно пострадали от кислотных осадков. В Южной Скандинавии их негативному воздействию подвергалось до 50 % хвойных лесов, а в многочисленных скандинавских озёрах были утрачены популяции нескольких видов рыб. Сходные явления происходят и в России, особенно на северо-западе страны, на Урале и в районе Норильска, где громадные площади тайги и лесотундры стали почти безжизненными из-за сернистых выбросов Норильского комбината [1].

Усиление парникового эффекта. Одной из важных экологических проблем современности является усиление парникового эффекта [8]. В последней четверти XX в. началось резкое потепление глобального климата, которое в бореальных областях сказывается уменьшением количества морозных зим [10]. Средняя температура приземного слоя воздуха за последние 25 лет повысилась на 0,7°C. В настоящее время большинство климатологов мира признают роль антропогенного фактора в потеплении климата [10]. В результате загрязнения приземного слоя атмосферы, особенно продуктами сгорания углеродного и углеводородного топлива, в воздухе повышается концентрация углекислого газа, метана и других газов [8]. В результате инфракрасное излучение земной поверхности, нагретой прямыми лучами Солнца, поглощается молекулами углекислого газа и метана, что приводит к повышению их теплового движения, а следовательно, и возрастанию температуры атмосферного воздуха приземного слоя [8].

Однако, по мнению некоторых учёных парниковый эффект может играть не только отрицательную, но и положительную роль. По их мнению, увеличение содержания в атмосфере углекислого газа для человечества не только не опасно, но и может быть полезно. Ещё В.И. Вернадский в своих «Очерках геохимии» писал, что зелёные рас-

тения мира могут перерабатывать и превращать в органическое вещество гораздо больше углекислого газа, чем им даёт современная атмосфера и рекомендовал применять этот газ в качестве удобрения [10]. Опыты в фитотронах подтвердили прогнозы Вернадского: при удвоенном содержании углекислого газа большинство культурных растений растут быстрее, раньше на 8-10 дней дают зрелые семена и плоды, а их урожайность повышается на 20-30 % [10].

Отрицательная сторона парникового эффекта заключается в том, что в результате накопления углекислого газа может произойти потепление климата Земли [8]. Это потепление вызвало большой переполох после появления в 1986 г. сразу на шести языках книги «Наше будущее», подготовленной Комиссией ООН [10]. За прошедшее с той поры время проведено много исследований и совещаний, которые показали, что мрачные прогнозы авторов этой книги несостоятельны. Подъём уровня Мирового океана действительно происходит, но со скоростью 0,6 мм/год (или 6 см за столетие). Наряду с таянием льдов потепление климата будет сопровождаться увеличением испарения с поверхности океанов и увлажнением климата, о чём можно судить по палеогеографическим данным [10]. Так 7-8 тыс. лет назад температура на широте Москвы была на 1,5-2°C выше теперешней, на месте Сахары расстилась саванна с рощами акаций и многоводными реками, уровень Аральского моря находился на отметке 72 м.

Ослабление парникового эффекта происходит при загрязнении атмосферы пылевидными выбросами, которые поглощают солнечные лучи в высотных слоях атмосферы [8].

2.2. Экологические принципы рационального использования природных ресурсов

Вопросы рационального использования природных ресурсов являются основными вопросами таких областей знаний и сфер деятельности, как ресурсоведение и природопользование.

Ресурсоведение. Человечеству, как известно, свойственна тенденция непропорционального роста численности населения, резкое увеличение потребления энергии и природных (в т.ч. продовольственных) ресурсов, причём всё это протекает на фоне утоньшения озонового экрана, сокращения видового разнообразия биоты, опустынивания, загрязнения окружающей среды и т.д. Следует заметить, что в XXI столетии фактор сокращения природных ресурсов становится менее зна-

чимым в сравнении с загрязнением окружающей среды и вытекающими отсюда негативными последствиями. Также следует подчеркнуть ещё один аспект: экономическая ситуация в Российской Федерации (РФ), включая вопросы ресурсопользования, наряду с экономикой и международными отношениями, составляют три определяющие проблемы развития российского общества.

Анализом основных или частных видов ресурсов в их взаимосвязи, т.е. тех факторов производства, которые являются средствами, обеспечивающими развитие хозяйственно-экономических структур как в региональном, так и в глобальном масштабах занимается *ресурсоведение*. Ресурсоведение как сфера деятельности сравнительно недавно привела к возникновению особой научной области знаний, имеющей большое прикладное значение – науки о ресурсоведении. *Объектом исследования* ресурсоведения как области знаний является интегральный ресурс и составляющие его частные виды такие как: природные, трудовые, материальные (т.е. источники и предпосылки получения необходимых людям материальных и духовных благ). В конце 90-х гг. XX века число частных видов ресурсов этой области знания возрастает: к трём перечисленным добавляется ещё один – информационный.

Безусловно, в рамках данного курса нас интересует первый из них. Говоря о понятии «*природный ресурс*», необходимо подчеркнуть, что в эту категорию попадают лишь те из них, которые можно реализовать при ныне существующих технологиях и экономических предпосылках. В понятие «*природно-ресурсный потенциал*» в первую очередь входит способность природно-территориальных систем без ущерба для себя (а, следовательно, и человека) отдавать необходимую человечеству материально-энергетическую составляющую или производить полезную для него работу в рамках хозяйства данного исторического типа. К сожалению, в настоящее время доминирует природоёмкий (природоразрушающий) тип эколого-экономического развития. Технократический подход и максимально возможное вовлечение в хозяйственную деятельность природных ресурсов в бывшем Союзе Советских Социалистических Республик (СССР) и РФ при игнорировании обострившихся экологических проблем, способствовали лишь усилению обезличенности собственности на природные ресурсы и безграничному загрязнению окружающей среды [12]. В 70-х гг. XX столетия на повестку дня вышли две глобальные проблемы:

- 1) окружающая среда способна принимать и поглощать (ассимилировать) лишь ограниченное количество загрязнений и отходов;
- 2) конечный характер невозобновимых природных ресурсов.

Именно во второй половине XX столетия расширилось использование рекреационных ресурсов, возникла проблема промышленных и бытовых отходов (Разумовский В.М.).

Наряду с этим во второй половине XX века одним из важнейших аспектов размещения производства стал фактор водных ресурсов. В последние годы перспективы развития производства всё в большей мере связывают с использованием ресурсов Мирового океана.

Рациональное природопользование, ресурсосбережение было и остаётся одной из важнейших проблем последнего 50-летия развития нашей страны. По мере исчерпания традиционных и доступных месторождений и перехода к разработке менее богатых и менее удобных (отдалённых от центра страны) месторождений, затраты на ресурсодобычу, естественно, возросли. Поэтому рациональное природопользование и ресурсосбережение следует рассматривать как фактор, обеспечивающий снижение потребности в материальных ресурсах, их добыче и производстве, в затратах на них, высвобождении значительных материальных затрат [12]. Это обуславливает с одной стороны интенсификацию в сфере производства сырья, а с другой – сохранение природно-ресурсного потенциала географических систем.

Природные ресурсы. *Ресурсы* – это материалы, силы и потоки вещества и энергии, которые [1]:

- а) образуют входные звенья природных или хозяйственных циклов, являются их необходимыми участниками и в связи с этим носителями функции полезности;
- б) имеют измеряемое количественное выражение (массу, объём, плотность, концентрацию, интенсивность, мощность, стоимость);
- в) при изменениях во времени подчиняются фундаментальным законам сохранения.

В самом общем виде, применительно к человеку, «*ресурсы* – это нечто, извлекаемое из природной среды для удовлетворения своих потребностей и желаний» (Т. Миллер) [6].

Все естественные материальные и энергетические ресурсы, используемые человеком, принято называть *природными ресурсами* [1]. Итак, *природные (естественные) ресурсы* – это природные объекты и явления, которые человек использует для создания материальных благ,

обеспечивающих не только поддержание существования человечества, но и постепенное повышение качества жизни [6]. Природные объекты и явления здесь – это различные тела и силы природы, используемые человеком как ресурсы.

Н.Ф. Реймерс предложил более развёрнутое и исчерпывающее по содержанию определение понятия «природные ресурсы» [9]:

- это тела и силы природы (природные блага), общественная полезность которых положительно или отрицательно изменяется в результате трудовой деятельности человека;

- используются (или потенциально пригодны для использования) в качестве средств труда (земля, водные пути, вода для орошения), источников энергии (гидроэнергия, атомное топливо, запасы энергетических ископаемых и т.д.), сырья и материалов (минералы, леса, ресурсы технической воды), непосредственно в качестве предметов потребления (питьевая вода, дикорастущие растения, грибы, цветы, продукты рыболовства), рекреации (места отдыха в природе, оздоровительное её назначение), банка генетического фонда (ресурсы надёжности экосистем, выделение новых сортов и пород) или источников информации об окружающем мире (заповедники – эталоны природы, биоиндикаторы и т.п.);

- при этом изменение состояния тел и сил (явлений) природы в процессе их использования прямо или косвенно затрагивают интересы хозяйства сейчас или в обозримой перспективе.

Человек, благодаря своим всё возрастающим материальным потребностям, не может довольствоваться дарами природы только в той мере, при которой не должен нарушать её равновесие, т.е. около 1 % от ресурсов природной экосистемы, поэтому ему приходится использовать и те природные ресурсы, которые накоплены за миллиарды и миллионы лет в недрах Земли и определяют ресурсную функцию мейосферы [6]. Иными словами, природные ресурсы, используемые человеком, многообразны, также многообразны их назначение, происхождение и способы использования. При этом часто забывают, во-первых, что большинство из них являются ресурсами не только человека, но в основном и в первую очередь ресурсами для живой природы [1]. Во-вторых, с экологической точки зрения по отношению к живой природе значительная часть ресурсов недр, используемых человеком (уголь, нефть, свинец, ртуть, уран и т.п.), не могут считаться ресурсами, так как ими извращена функция биологической полезно-

сти. Именно поэтому следует различать *ресурсы биосферы* (которые представлены только возобновляемыми ресурсами веществ, энергии и информации, находящимися под контролем живых организмов) и *ресурсы техносферы* (включающие помимо значительной части ресурсов биосферы, захваченных человеком и выведенных им из биотического круговорота, также и невозобновляемые ресурсы, добываемые в основном из недр и находящиеся вне контроля биоты биосферы, которые никаким существам, кроме человека, не только не нужны, но чаще вредны). Объём возобновимых ресурсов, используемых техносферой, определяет её *природоёмкость*.

Существует несколько *классификаций природных ресурсов*: естественная, хозяйственная и экологическая [1]. В их основу положено три признака: по источникам происхождения, по использованию в производстве и по степени истощаемости ресурсов соответственно.

Естественная классификация основана на разделении ресурсов по компонентам природной среды: земельные, минеральные, водные, климатические, атмосферные, биологические (растительные, животного мира), энергетические и т.п.

Биологические ресурсы – это все живые средообразующие компоненты биосферы: продуценты, консументы и редуценты с заключённым в них генетическим материалом (Реймерс) [6].

Минеральные ресурсы – это все пригодные для употребления вещественные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырьё или источник энергии. Если же минеральные богатства используются как топливо (уголь, нефть, газ, горючие сланцы, торф, древесина, атомная энергия) и одновременно как источник энергии в двигателях для получения пара и электричества, то их называют *топливно-энергетическими ресурсами*.

Энергетическими ресурсами называют совокупность энергии Солнца и Космоса, атомно-энергетических, топливно-энергетических, термальных и других источников энергии [6].

В *хозяйственной классификации* ведущее значение имеет отраслевая принадлежность: ресурсы топливно-энергетического комплекса, металлургии, химической промышленности, сельского хозяйства, лесоперерабатывающей промышленности и т.д. [1].

С природоохранной и *эколого-экономической* точек зрения важное значение имеет классификация ресурсов по признакам их истощаемости и возобновляемости.

Неисчерпаемые ресурсы – непосредственно солнечная энергия и вызванные ею природные силы (например, ветер и приливы существуют вечно и в неограниченных количествах) [6].

Исчерпаемые ресурсы имеют количественные ограничения, но некоторые из них могут возобновляться, если есть к этому естественные возможности или даже с помощью человека (искусственная очистка воды, воздуха, повышение плодородия почв, восстановление поголовья диких животных и т.п.).

Возобновляемые ресурсы – это вещества и силы, которые создаются на Земле благодаря потоку солнечной энергии: тепло, атмосферная влага, вода осадков и пресных вод, течение рек и гидроэнергия, ветры, волны и течения, почва и некоторые минералы, все живые организмы, экосистемы, биосфера и, наконец, сам человек.

К *невозобновляемым* ресурсам относятся такие реликты древних биосфер, как топливо и железная руда, а также ряд руд и металлов внутриземного происхождения. Конечно, у человека есть возможность заменить наиболее дефицитные ресурсы на имеющие большее распространение и большие запасы, но, как правило, качество такого ресурса-заменителя ниже.

Таким образом, ограниченность и исчерпаемость важнейших для человека природных ресурсов является одним из важнейших лимитирующих факторов его выживания как биологического вида (*Homo sapiens*). В настоящее время человечеству доступны климатические и космические ресурсы, ресурсы Мирового океана и континентов. Их количественное потребление и «ассортимент» постоянно растут, зачастую без учёта ресурсообеспеченности. Ресурсообеспеченность – это соотношение между величиной природных ресурсов и размерами их использования. О ресурсообеспеченности нельзя судить только по размерам запасов, надо учитывать интенсивность их извлечения (потребления обществом). Потребление природных ресурсов обусловлено, прежде всего тем, что человек, стремясь «снять» влияние лимитирующих природных факторов, для того, чтобы выжить и победить в конкурентной борьбе, начал создавать свои, антропогенные экосистемы [6].

Природопользование. Природопользование – это деятельность по использованию природно-ресурсного потенциала, включая всю систему отношений между человеческим обществом и природной средой, и комплексная дисциплина – учение об общих принципах и методах ис-

пользования природных ресурсов и условий, в том числе анализ воздействия человека на природу и последствий этого воздействия [10]. Главная задача природопользования как науки состоит в поиске и разработке путей оптимизации взаимоотношений общества с природной средой, что должно способствовать сохранению и воспроизводству благоприятных условий жизни и хозяйственной деятельности человека. Основные понятия, используемые в данной сфере знаний, являются базовыми понятиями географии, экологии и ряда смежных дисциплин, поэтому далее приведём трактовку некоторых из них.

Понятие «*природа*» трактуется весьма неоднозначно, в зависимости от того, в каком смысле оно употребляется:

1) в философском понимании - это весь материально-энергетический и информационный мир Вселенной;

2) в естественнонаучном понимании – это всеобщая система, состоящая из естественных предметов и явлений, технических сооружений, рассматриваемых с точки зрения их свойств, влияющих на внешнюю среду;

3) в житейском понимании – это всё, что непосредственно не относится к человеку и его деятельности либо, воспринимается как не относящееся.

Различаю также «*первую*» (или *дикую*) природу, «*вторую*» (*квазиприроду*) и «*третью*» (*антиприроду*). К первой относятся участки, не нарушенные деятельностью человека, на которые человек влияет лишь как биологический вид либо опосредованно (через глобальные изменения). «Вторая» природа – это преобразованные человеком экосистемы: поля, сады и т.п. «Третья» природа – искусственно созданные системы окружающей человека среды: города, производственные и транспортные системы и т.д.

Окружающая среда – термин, пришедший в русский язык во второй половине XX в. и представляющий собой перевод англоязычного *environment* (дословно: среда, окружающая что-то, непосредственное окружение чего-то).

Природопользование – это сфера или область человеческой деятельности, связанная с любым воздействием на природную среду. Одним из первых термин «природопользование» использовал Ю.Н. Куражковский, который писал, что «задачи природопользования как науки сводятся к разработке общих принципов осуществления вся-

кой деятельности, связанной либо с непосредственным использованием природой и её ресурсами, либо изменяющими её воздействиями» [13].

Н.Ф. Реймерс определяет природопользование следующим образом:

1) совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер его сохранения, включая извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление или воспроизводство; использование и охрану природных условий среды жизни; сохранение (поддержание), воспроизводство (восстановление) и рациональное изменение экологического баланса (равновесия, квазистационарного состояния) природных систем, что служит основой сохранения природно-ресурсного потенциала развития общества;

2) совокупность производительных сил, производственных отношений и соответствующих организационно-экономических форм и учреждений, связанных с первичным присвоением, использованием и воспроизводством человеком объектов окружающей его природной среды для удовлетворения его потребностей;

3) использование природных ресурсов в процессе общественного производства для целей удовлетворения материальных и культурных потребностей общества;

4) совокупность воздействия человечества на географическую оболочку Земли;

5) комплексная научная дисциплина, исследующая общие принципы рационального (для данного исторического момента) использования природных ресурсов человеческим обществом.

Самое простое, но вместе с тем и достаточно точное определение природопользования можно сформулировать так: *природопользование* — это разработка путей использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Частными видами природопользования являются водопользование, землепользование, недропользование.

Объектом природопользования обычно выступают отношения между природными, социальными и экономическими факторами процесса взаимодействия природы и общества.

Предметом природопользования (вслед за Реймерсом) считается оптимизация этих отношений, стремление к сохранению и воспроизводству среды жизни.

Вместе с тем природопользование подразумевает наличие *объекта пользования* - им является природная среда, и *субъекта, извлекающего пользу*, — человека.

Природопользование обычно принято разделять на рациональное и нерациональное. Под рациональным природопользованием подразумевается деятельность, направленная на экономное использование природных ресурсов, эффективный режим их воспроизводства, предотвращение или ослабление возможных отрицательных последствий. Нерациональное природопользование — это одностороннее потребительское отношение к природе, стремление взять у нее как можно больше, не заботясь о последствиях.

Природопользование как практическая деятельность включает в себя различные аспекты:

1) *экологические* аспекты природопользования — учет при принятии решений внутренних закономерностей функционирования экосистем, рассматриваемых в факториальной и популяционной экологии: характера и направленности происходящих сукцессии, трофической структуры биоценозов, состояния составляющих их популяций;

2) *географические* аспекты природопользования — учет при принятии решений внутренней неоднородности и географических особенностей территорий, которые они затрагивают: ландшафтов и образующих их геокомпонентов, а также природно-хозяйственных территориальных систем. Поскольку на земле одновременно существуют природно-хозяйственные территориальные системы, отвечающие разным стадиям развития как общества, так и экологических ситуаций, учет географических аспектов природопользования предполагает использование при прогнозе экологических последствий хозяйственных решений традиционного для географии приема «подстановки времени пространством»;

3) *экономические* аспекты природопользования — учет при принятии практических решений в природопользовании экономических отношений, действующих в природно-хозяйственных территориальных системах, прогноз экологических последствий хозяйственных решений, использование экономических рычагов (налоги и платежи, инвестиции) в целях оптимизации природопользования;

4) *юридические* аспекты природопользования — анализ влияния законодательства и возникающих вследствие него юридических отношений в обществе на состояние природной среды, использование

юридических рычагов (законы и подзаконные акты, юридические действия) в целях оптимизации природопользования;

5) *технологические* аспекты природопользования — анализ и оценка экологичности применяемых или намечаемых к применению технических решений и технологий, постоянный поиск технологических путей решения экологических проблем и оптимизации природопользования.

Часто поиск путей решения экологических проблем происходит с привлечением других областей знаний и тогда используется как сам термин «экология», так и производное от него прилагательное «экологический» применительно к другим наукам и отраслям знания. Но здесь нужно знать меру, поскольку это может привести к чрезмерному размножению различных «экологий», «экологических» наук и путанице определений.

Типы природопользования. Существует две классификации типов природопользования - исторические и географические.

Исторические типы природопользования - выделяются по характеру используемых источников энергии и господствующих технологий: природопользование доиндустриальных, индустриальных и постиндустриальных обществ.

Доиндустриальные общества существуют с древнейших времен [10]. В доиндустриальную эпоху происходило взаимодействие с природой древнего человека, занимавшегося сначала собирательством и охотой, а затем земледелием и скотоводством. В процессе совершенствования орудий охоты, в частности с появлением лука, влияние на природную среду резко увеличивается. Для выгона животных специально поджигались лес и участки сухой степи. Экологические последствия такой деятельности легко представить в виде ряда причинно-следственных связей: поджигание территории — обеднение растительного и животного мира — усиление эрозии — снижение уровня грунтовых вод — обнажение песчаных массивов — опустынивание. Несмотря на примитивный характер хозяйства доиндустриального общества, за счет длительности периода, воздействие на среду уже на этом этапе приобретало огромные масштабы и приводило к резкому снижению численности и даже полному истреблению некоторых видов животных, изменениям характера растительности и ландшафтов, в том числе к катастрофическому опустыниванию, усилению эрозионных процессов и т.д.

Индустриальные общества возникли из доиндустриальных в результате промышленной революции, происшедшей в XVIII-XIX вв. в наиболее передовых странах, и несколько позже — в среднеразвитых. Темпы роста и численность населения индустриальных стран на фоне других групп стран показаны в таблицах 2.5, 2.6.

Таблица 2.5

Темпы роста населения по группам стран, 1995-2050 гг. [10]

Группы стран	Среднегодовые темпы роста (%)					
	1990-2000 гг.	2000-2010 гг.	2010-2020 гг.	2020-2030 гг.	2030-2040 гг.	2040-2050 гг.
Мир в целом	1,3	1,2	1,0	0,9	0,7	0,5
Развитые страны	0,4	0,2	0,2	0,0	-0,1	-0,1
Индустриальные	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0
С переходной экономикой	-0,1	-0,3	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5
Развивающиеся	1,6	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6

Таблица 2.6

Численность населения по группам стран, 1995-2050 гг. [10]

Группы стран	Население (млн чел.)						
	1995 г.	2000 г.	2010 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
Мир в целом	5 662	6 057	6 826	7 579	8 270	8 855	9 322
Развитые страны	1 290	1 315	1 340	1 356	1 360	1 352	1 335
Индустриальные	876	903	938	962	979	985	986
С переходной экономикой	414	412	402	394	381	366	349
Развивающиеся	4 372	4 742	5 486	6 224	6 910	7 503	7 987

Постиндустриальные общества вырастают из индустриальных тогда, когда им удастся решить наиболее острые социально-экономические проблемы и достичь устойчивого материального благосостояния преобладающей части своих граждан. Это создаёт общественный фон для осознанного, закреплённого в общественных институтах отказа от экологически неприемлемых технологий и замены их иными, даже менее эффективными экономически. В то же время общества, рассматриваемые как постиндустриальные, пока далеки от полномасштабного перехода к использованию новых источников энергии (термоядерная энергетика, «альтернативные» источники энергии) и технологий (полностью автоматизированные производства) и в зна-

чительной степени существуют за счет эксплуатации материальных и энергетических ресурсов других стран.

Географические типы природопользования - определяются природными условиями, в которых протекает жизнь общества: промышленно-урбанистический, сельскохозяйственный, лесохозяйственный. Природные условия накладывают отпечаток на выбор возможных видов хозяйственной деятельности и форм социального устройства. Взаимодействие естественных природных условий и характера деятельности человека формирует функциональные типы использования территории, или типы природопользования, присутствующие постоянно, но по-разному проявляющиеся на различных исторических этапах. Классификация географических типов природопользования разработана А.Б. Басаликасом и включает типы и подтипы, которые в тех или иных конкретных формах и соотношениях существуют с глубокой древности, по-разному реализуясь на том или ином историческом этапе (рис. 2.3) [14].

Промышленно-урбанистический тип природопользования - это города и промышленные зоны: пункты и ареалы концентрации населения и производства, связывающие их сухопутные транспортные коммуникации. При этом типе природопользования нагрузка на среду наиболее высока, вследствие чего происходят самые глубокие преобразования ландшафта, затрагивающие все его компоненты.

Промышленно-урбанистический тип природопользования подразделяется на подтипы:

- *городской селитебный* - включает жилые, общественные и рекреационные зоны населенных пунктов;
- *транспортно-промышленный* - включает промышленные и транспортные зоны, расположенные внутри и вне населенных пунктов;
- *горнопромышленный* - может рассматриваться как специфическая разновидность промышленно-транспортного, его отличительная особенность — преобладание прямого ресурсопотребления в форме добычи полезных ископаемых при несколько меньших (не всегда) масштабах загрязнения.

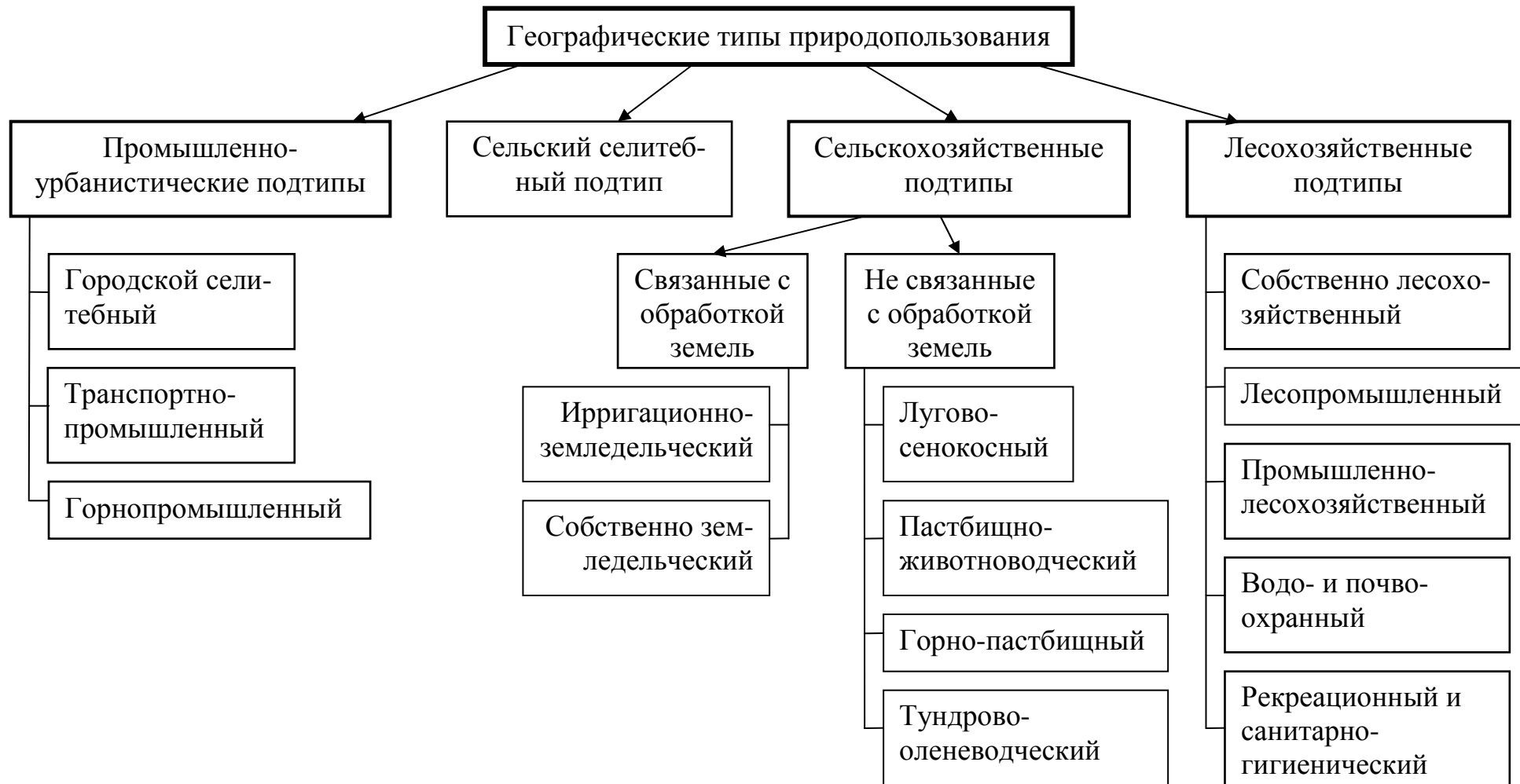


Рисунок 2.3. Классификация географических типов природопользования

В качестве переходного между промышленно-урбанистическим и сельскохозяйственным типами природопользования может быть выделен *сельский селитебный подтип*. Для него характерно сочетание трансформации всех компонентов ландшафтов, подобно тому, как это происходит в городском селитебном подтипе, с элементами земледельческого и пастбищно-животноводческого подтипов.

Сельскохозяйственный тип природопользования подразделяется на две группы, различающиеся степенью преобразования ландшафта, — связанные и не связанные с обработкой земель. К первой относятся *ирригационно-земледельческий* и *собственно земледельческий подтипы*, в которых естественная растительность полностью уничтожена и заменена искусственной, почва может быть преобразована в разной степени или в сторону улучшения, или в сторону истощения. В ирригационно-земледельческом подтипе преобразуется и растительность, и почва, и микрорельеф, и условия увлажнения (за счет орошения или осушения).

Группа сельскохозяйственных подтипов, не связанных с обработкой земли, включает:

- *лугово-сенокосный подтип* (используемые реально или потенциально естественные кормовые угодья — суходольные и заливные луга всех зон, кроме тундровой);

- *пастбищно-животноводческий подтип* — равнинные, предгорные и низкогорные степи, полупустыни и пустыни, используемые как пастбища;

- *горно-пастбищный подтип*;

- *тундрово-оленоводческий подтип*.

В первых двух подтипах почва и растительность в основном сохраняются, но резко усиливаются эрозия и другие экзогенные процессы. Горно-пастбищный подтип создает наибольшие предпосылки для усиления экзогенных процессов. Тундрово-оленоводческий подтип — специфическая разновидность природопользования, связанная с очень незначительным воздействием на экосистемы, несмотря на их крайнюю неустойчивость [10].

Лесохозяйственный тип природопользования объединяет лесные ландшафты всех природных зон, в тех или иных формах используемые человеком. Леса, как правило, многофункциональны, но по степени интенсивности использования выделяются различные подтипы лесохозяйственного типа природопользования [10]:

- *собственно лесохозяйственный*, при котором человек пользуется готовыми плодами леса (сбор грибов и ягод, заготовка живицы и натурального каучука),

- *лесопромышленный* (равнинные леса, периодически вырубаемые на отдаленных участках),

- *промышленно-лесохозяйственный* (леса освоенных районов с ограниченными рубками, проводимыми в целях ухода за лесными насаждениями),

- *водо- и почвоохранный* (леса, произрастающие в защитных полосах, играющие ландшафтно-стабилизирующую роль),

- *рекреационный и санитарно-гигиенический* (леса зеленых зон городов, курортных местностей, заповедников, не используемые в промышленных целях, но обычно подверженные повышенной рекреационной нагрузке).

2.3. Охрана природы

В настоящее время объём выбросов загрязняющих веществ антропогенного происхождения стал соизмерим с масштабами природных процессов миграции и аккумуляции различных соединений [15]. Требования XXI в. в области экологического земледелия и охраны окружающей среды в условиях существующего химического загрязнения диктуют необходимость разработки и применения в промышленности, современном сельском хозяйстве новых рекультивационных и ремедиационных технологий с использованием экологически чистых и безопасных природных веществ. Причём, экологические проблемы остаются актуальными при любом уровне экономического развития, особенно, если иметь в виду не только снижение опасных уровней содержания поллютантов и борьбу с чрезвычайными токсикологическими ситуациями, но также и поддержание на требуемых уровнях тех приемлемых состояний окружающей среды, которые установлены и законодательно закреплены соответствующими уполномоченными организациями, и требования к которым со временем будут только возрастать [15].

Охрана природы и охрана окружающей среды в обыденном сознании воспринимаются как синонимы и в практической деятельности, как правило, не разграничиваются [10]. Понятие *охраны природы* включает в себя как область практической деятельности, так и научную дисциплину. И именно как научное направление и область прак-

тической деятельности охрана природы возникла во второй половине XIX века. *Охрана окружающей среды* – термин более молодой и менее регламентированный официально принятыми определениями [10].

Охрана биосферы. В середине XX столетия резко обострились проблемы, связанные с химическим загрязнением биосферы, нередко приводящим к острым токсико-экологическим ситуациям [15]. Обращая внимание на особую актуальность проблем охраны биосферы от химического загрязнения, которое вызвано быстрым развитием промышленности, транспорта, химизации сельского хозяйства и интенсивной урбанизацией, все же не следует считать, что до наступления эры научно-технической революции вопросам охраны природы вовсе не уделялось внимания. В глубокой древности в таких городах, как Афины, Рим, Иерусалим, Александрия, канализационные стоки не сбрасывали в реки, а собирали в специальные отстойники и применяли для орошения полей, садов и огородов. Не получили широкой известности некоторые конкретные факты из истории России. Так, императрица Елизавета (1741-1761) издала указ, которым запрещалось строить кожевенные, дегтярные и другие подобные заводы ближе, чем на 100 верст от Москвы. Известный русский поэт Г.Р. Державин в своих мемуарах описал, как по поручению директора казанской гимназии М.И. Веревкина в конце XVIII в. были собраны пробы грунта со дна реки, в которую сбрасывались отходы кожевенных заводов. Проведя несложные опыты, было доказано, что «загнивание» таких грунтов приводит к «скверному запаху» и антисанитарному состоянию. По представлению Верёвкина и по указу Сената было запрещено полоскать в реке кожи.

Конечно, все эти меры прошлого не могут даже сравниться ни по кругу задач, ни по объемам с тем, что приходится решать современным службам охраны природы.

В наше время антропогенные выбросы в биосферу различных химических элементов и веществ достигли уровней, соизмеримых с естественными биогеохимическими потоками соответствующих элементов, а в ряде случаев даже превосходят естественные потоки. Еще в 1976 г. В.А. Ковда [16] привел данные о соотношении вкладов естественных биогеохимических циклов и антропогенного в природные процессы, а с тех пор техногенные потоки возросли (табл. 2.7). В биогеохимические циклы теперь включается также большой перечень синтетических соединений, не известных для целинных природных сред.

К ним, в частности, относится большая группа веществ, объединяемых общим термином «пестициды» (гербициды, фунгициды), различные фенолы и их производные, фреоны, диоксины.

Таблица 2.7

Биогеохимические и технохимические потоки в биосфере [15]

Тип потока	Объём потока
Биомасса суши, т	$3 \cdot 10^{12} - 1 \cdot 10^{13}$
Годичный фотосинтез на суше, т	$10^{10} - 10^{11}$
Годичный оборот зольных органоенов на суше, т	$10^8 - 10^9$ (с учетом азота - до 10^{10})
Годичный сток рек, т	
растворенные вещества	$3 \cdot 10^9$
взвешенные вещества	$16 \cdot 10^9$
Годичное производство минеральных удобрений, т	$0,3 \cdot 10^9$
Пыль индустриальная, т/год	$0,25 \cdot 10^9$
Мусор, отходы, отбросы, т/год	$20 \cdot 10^9$
Выемка рудных пород, т/год	$5 \cdot 10^9$
Индустриальные и городские сбросные воды, м ³ /год	до $55 \cdot 10^{11}$
Аэрозоли и газовые выбросы, т/год	до 10^9

Причины и пути загрязнения природной среды наглядно прослеживаются на примере природных вод, их загрязнение осуществляется по крайней мере за счет следующих источников.

1) *Загрязнение промышленными стоками* (целлюлозно-бумажная, нефтяная и газовая промышленность, химические и металлургические заводы, коксохимические, газосланцевые предприятия). Даже нормативно-чистые воды, которые официально разрешено сбрасывать в реки, обычно загрязнены в той или иной степени пылью, нефтью, минеральными солями, причем часто сбрасываются нагретые воды, вызывающие тепловое (термическое) загрязнение природных вод.

2) *Загрязнение коммунальными стоками*. Если сами сточные воды и подвергаются некоторой очистке в отстойниках, биологических прудах, на полях орошения, то использование скапливающихся при этом крупнотоннажных осадков нередко вызывает большие трудности, поскольку в них могут содержаться тяжелые металлы и другие токсичные компоненты в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

3) *Загрязнение поверхностными стоками*, которые образуются дождевыми водами или при снеготаянии; при этом из городов и поселков выносятся в реки мусор, с территории промышленных предприятий — все характерные для них виды загрязняющих веществ, с сельскохозяйственных угодий — остатки навоза, патогенные микроорганизмы, ядохимикаты, а также высокодисперсная, илистая часть пахотных почв. Отсюда понятно, почему снег с улиц зимой вывозится на спецполигоны.

4) *Загрязнение нефтью и нефтепродуктами* обычно происходит при бурении скважин в ходе поисков нефтяных месторождений, при эксплуатации промышленных запасов нефти, при авариях на промыслах, после взрывов и пожаров на танкерах, при кораблекрушениях [15].

Кроме того, вызвать загрязнение природных вод могут сточные воды шахт и рудников, имеющие повышенную минерализованность и содержащие взвешенные частицы; определенную опасность представляют также дренажные воды с орошаемых земель, которые приносят в реки выщелоченные из засоленных толщ почвогрунтов легкорастворимые соли. Такого рода явления, например, получили распространение в бассейне Аральского моря. Также в числе загрязняющих веществ, особенно опасных для природных вод, большое значение приобрели разнообразные моющие средства, широко применяющиеся в промышленности и в быту. Кроме названных прямых источников загрязнения природных вод загрязняющие вещества содержатся и в атмосферных выпадениях в виде дождя, снега, инея.

На поверхности суши кроме перечисленных источников загрязнения большое влияние на наземные биогеоценозы оказывают шахтные отвалы (терриконы), отвалы теплоэлектростанций, сброс отработанных нефтепродуктов, солевых растворов, концентрированных кислот. О масштабах антропогенного влияния на природные объекты можно судить хотя бы по тому, что выбросы оксидов серы и азота, образующие при взаимодействии с атмосферной влагой серную и азотную кислоты, пересекают вместе с воздушными потоками границы государств, охватывая территории в сотни тысяч квадратных километров. Загрязнение наземных биогеоценозов обычно начинается с частичного угнетения организмов, населяющих почвы и поверхностные воды, затем страдает высшая растительность и, наконец, начинаются деградация почв и разрушение почвенного покрова. Наглядный и характерный

пример конечного результата - формирование техногенных пустынь вблизи крупных промышленных комбинатов, химических заводов. Очень опасно загрязнение почв и вод углеводородами нефти. При загрязнении биогеоценозов нефтью или другими углеводородами может проявляться их канцерогенное воздействие на живые организмы (поскольку такие композиции содержат обычно канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)). Оценивая различные стороны воздействия химических загрязняющих веществ на живые организмы, нельзя не принимать во внимание мутагенные изменения.

Конечно, человек не мог в полной мере предвидеть экологические последствия развития промышленности, транспорта, широкого внедрения минеральных удобрений в сельскохозяйственное производство. В свое время успехи развития промышленности, широкой химизации выглядели обнадеживающими, отдача была высокой и трудно было представить, что за каждый дополнительный центнер зерна с гектара при внесении минеральных удобрений придется расплачиваться ухудшением экологической обстановки и появлением токсикологических ситуаций.

Медико-биологические последствия использования атомной энергии начали, видимо, в полной мере осознавать только после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки.

В настоящее время проблемы экологии стали предметом обсуждения во многих парламентах мира, в том числе и в парламенте России. Современная экология распадается на ряд дисциплин (экология растений, города, популяционная, прикладная, социальная), которые рассматривают различные объекты, процессы, отношения, географические регионы. Охрана природы, борьба с химическим загрязнением биосферы и его экологическими последствиями возможны только одновременными усилиями многих стран. Специальная программа ООН по окружающей среде была выработана в 1972 г. на Стокгольмской конференции. В 1977 г. на Первой межправительственной конференции принята Тбилисская декларация, в которой даны рекомендации по развитию образования в области окружающей среды на национальном, региональном и международном уровнях. Необходимо отметить также, что на Стокгольмской конференции в 1972 г. по инициативе Японии и Сенегала был учрежден Всемирный день окружающей среды - 5 июня. Российская Федерация участвует более чем в 20 многосторонних конвенциях и соглашениях в области охраны природы. В Базель-

ской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их хранением Россия участвует в качестве полноправной Стороны, что регулируется соответствующими Постановлениями Российского Правительства в рамках Федерального закона. Проводится активная работа в рамках выполнения Конвенции по защите морской среды в районе Балтийского моря. Таким образом, в рамках 40 соглашений различного типа, из которых 23 являются базовыми и межправительственными, с 28 государствами осуществляется двустороннее сотрудничество.

На стыке столетий заметно возросла деловая активность ученых-экологов, сотрудников департаментов и управлений по охране и рациональному природопользованию, общественных деятелей, занимающихся проблемами экологии и защиты окружающей среды. Например, в 2000 г. в Женеве (Швейцария) прошло заседание Рабочей группы по оценке воздействия техногенных факторов на окружающую среду. Летом того же года в Суздале (Россия) состоялся Съезд Докучаевского общества почвоведов, в центре внимания которого стояли проблемы охраны почвенного покрова от истощения и деградации, а также были предложены методические основы улучшения почвенного плодородия. Несмотря на значительное внимание к природоохранным вопросам, реальное дело охраны биосферы возможно только после полного осознания учеными-специалистами, администраторами, предпринимателями опасности неотвратимых экологических последствий при бесконтрольном развитии промышленности, транспорта, при урбанизации и интенсивной химизации всех сфер человеческой деятельности [15].

Предельно допустимые концентрации химических загрязняющих веществ в компонентах биосферы. В нашей стране защита окружающей среды регулируется рядом законов и общегосударственных постановлений (например, Закон «Об охране атмосферного воздуха», 1999). Ещё в 70-е годы были приняты многочисленные постановления, предусматривающие выполнение природоохранных мероприятий регионального уровня (об охране водных и биологических ресурсов уникального водоема - озера Байкал, о мерах по предотвращению загрязнения морей - Балтийского, Каспийского, Черного, Азовского и отдельных рек - Волги, Урала и др.). В 80-90-е годы природоохранная деятельность в стране продолжала развиваться. Мероприятия по охране природы стали неотъемлемой частью планов социально-

экономического развития страны, был установлен порядок проведения обязательной экологической экспертизы новых технологий, техники, материалов [15]. В 2001 г. Государственной думой принят «Закон об охране окружающей среды» [17].

В числе мероприятий по охране природы важное место принадлежит проблеме предупреждения повышения содержания загрязняющих веществ в природных средах [15]. Для предотвращения негативных последствий воздействия загрязняющих веществ на отдельные компоненты природной среды необходимо знать их предельные уровни, при которых возможна нормальная жизнедеятельность и функционирование организмов.

ПДК — это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК загрязняющих веществ для воздуха, воды, почвы, для пищевых продуктов и кормов устанавливаются в законодательном порядке или рекомендуются компетентными учреждениями. Обеспечение регламентируемых значений ПДК может быть достигнуто двумя путями — рассеиванием химических веществ в воздушной или водной среде или строгим контролем за их выбросами. Проблема сохранения окружающей среды в каждой стране решается в соответствии с особенностями ее социального устройства и уровня развития производства.

Для санитарной оценки воздушной среды используется несколько видов предельно допустимых концентраций вредных веществ, в том числе ПДК для рабочей зоны (р. з.), максимальная разовая (м. р.) и среднесуточная (с. с.) ПДК, которые установлены на основе рефлекторных реакций организма человека на присутствие в воздухе токсиантов.

$PДК_{p. з.}$ - предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³. Эта концентрация не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 ч за все время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья, которые могли бы быть обнаружены современными методами исследования непосредственно во время работы или в отдаленные сроки. При этом рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположены места постоянного или временного пребывания работающих.

ПДК_{м.р.} — это *максимальная разовая концентрация* вредного вещества в воздухе населенных мест (мг/м³), которая не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{с.с.} — это *среднесуточная предельно допустимая концентрация* вредного вещества в воздухе населенных мест (мг/м³), которая не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

В настоящее время действуют следующие нормативные документы: «ПДК вредных газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны», установленные для 445 загрязняющих веществ, и «ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест», включающие 109 загрязняющих веществ, наиболее распространенные из которых приведены в таблице 2.8. Многие токсичные вещества обладают эффектом суммированного действия, т.е. их смеси оказывают более токсичное воздействие на живые организмы, чем отдельные компоненты. Аналогичное действие могут оказывать пары и аэрозоли некоторых технических веществ, представляющих собой сложные композиции из нескольких и даже многих индивидуальных соединений.

В настоящее время в Российской Федерации утверждены нормативы ПДК некоторых радиоактивных веществ в воздушной и водной средах (табл. 2.9). В последнее время многие ученые пришли к выводу, что для канцерогенных веществ и ионизирующей радиации не существует нижних пределов безопасности и любые их количества, превышающие природный фон, опасны для живых организмов, если не непосредственно, то генетически, в цепи последующих поколений. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе устанавливают, как правило, экспериментально, с использованием подопытных животных.

Установление ПДК каждого отдельного вещества требует продолжительных экспериментальных исследований, тогда как новые химические соединения и их комбинации получают, синтезируют и внедряют в производство значительно быстрее [15]. Для устранения этого разрыва во времени используют расчетные методы определения ПДК, которые позволяют прогнозировать токсическое действие химических соединений, исходя из их физико-химических характеристик и результатов простейших токсикологических исследований [15]. Для расчета ПДК вредных веществ в воздухе производственных помещений реко-

мендованы формулы, выведенные на основании регрессионного анализа с использованием показателей их токсичности и некоторых физико-химических констант этих веществ [15].

Таблица 2.8

ПДК некоторых вредных веществ в атмосферном воздухе [15]

Вещество	ПДК, мг/м ³	
	м. р.	с. с.
Азота диоксид	0,085	0,085
Азотная кислота	0,4	0,4
Аммиак	0,2	0,2
Анилин	0,05	0,03
Ацетон	0,35	0,35
Бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на С)	5	1,5
Изопропилбензол	0,14	0,14
Карбофос	0,015	-
Ксилол	0,2	0,2
Метанол	1	0,5
Мышьяк (неорганические соединения, кроме H ₃ As, в пересчете на As)	-	0,003
Нафталин	0,003	0,003
Пропиловый спирт	0,3	0,3
Пыль нетоксичная	0,5	0,15
Ртуть металлическая	-	0,0003
Сажа (копоть)	0,15	0,05
Свинец и его соединения, кроме Pb(C ₂ H ₅) ₄ , в пересчёте на Pb	-	0,0007
Свинца сульфид	-	0,0017
Серная кислота	0,3	0,1
Сероводород	0,08	0,008
Серовуглерод	0,03	0,005
Серы диоксид	0,5	0,05
Синильная кислота	-	0,01
Соляная кислота	0,2	0,2
Углерода оксид	3	1
Уксусная кислота	0,2	0,06
Фенол	0,01	0,01
Формальдегид	0,035	0,012
Фосфора (V) оксид	0,15	0,005
Фториды (в пересчете на F)	0,02	0,005
Фтора газообразные соединения (HF и SiF ₄)	0,02	0,05
Хлор	0,1	0,03
Хлорбензол	0,1	0,1
Хлорофос	0,04	0,02
Этанол	5	5
Этилбензол	0,02	0,02

ПДК радиоактивных веществ в воздухе и воде, Бк/л [15]

Радиоактивный изотоп	Воздух рабочих помещений	Вода открытых водоёмов
Уран (U)	$5 \cdot 10^8$	$19 \cdot 10^8$
Фосфор-32 (P^{32})	3,7	$3,7 \cdot 10^2$
Сера-35 (S^{35})	37	$18,5 \cdot 10^4$
Кобальт-60 (Co^{60})	1,85	185
Стронций-90 (Sr^{90})	0,185	18,5

Для обеспечения охраны воздушной среды установлена еще одна нормативная величина, характеризующая объем вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения — предельно допустимый выброс (ПДВ). *Предельно допустимый выброс* — это объем (количество) загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которого ведет к превышению ПДК в среде, окружающей источник загрязнения, и, как следствие, к неблагоприятным последствиям в окружающей среде и риску для здоровья людей [15].

Охрана геологической среды. Охрана геологической среды включает ряд профилактических мер, предпринимаемых для предотвращения нежелательных геологических процессов, техногенных воздействий на литосферу, а также их последствий.

Охрана подземных и поверхностных вод. С целью защиты гидросферы от загрязнения используются следующие методы [2]:

- 1) нормирование сбросов загрязняющих веществ со сточными водами промышленных предприятий;
- 2) экологизация технологических процессов, направленная на предотвращение образования загрязняющих веществ в процессе производства продукции и направленная на сокращение использования воды на предприятии;
- 3) создание водоохранных зон;
- 4) разные способы очистки сточных вод и использование системы оборотного водоснабжения.

Нормирование загрязнения водной среды осуществляется в рамках принципов гигиенического нормирования, но в то же время имеет ряд особенностей [10]. Нормативы качества воды устанавливаются по-разному в зависимости от характера использования водоёмов: для хо-

зяйственно-питьевого водоснабжения, для рекреационных или рыбохозяйственных целей. Например, предельно допустимая концентрация вещества в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей определяется исходя из требования устойчивости популяций ихтиофауны.

Ввиду огромного количества загрязняющих веществ, которые могут содержаться в сточных водах, существуют различные способы их очистки [2]. Различают следующие методы очистки сточных вод:

- механическая очистка сточных вод (применение решеток, сеток, фильтров, отстойников для отстаивания воды);
- физико-химическая очистка, позволяющая извлекать из сточных вод, мельчайшие взвешенные вещества (коагуляция, флотация, флокуляция, нейтрализация и ряд других);
- электрохимические методы (например, пропускание тока через сточные воды);
- мембранные методы;
- биологические методы.

Биологические методы применяются для очистки сточных вод от органических веществ (очистка в аэротенках, биофильтрах и биологических прудах). В аэротенках микроорганизмы, входящие в состав активного ила, выделяют ферменты, которые разрушают органические загрязнители, содержащиеся в сточных водах (например, нефтепродукты). В *биофильтрах* вода пропускается через слой пористого материала, покрытого бактериальной пленкой. *Биологические пруды* - это неглубокие земляные резервуары, которые заполняются стоками, содержащими органические загрязнители. В биологических прудах происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов [2].

2.4. Оптимизация природопользования в отраслях промышленности

Понятие природоемкости производства. Экономика требует для своего функционирования затрат природных, материальных и трудовых ресурсов [10]. Объем потребления природных ресурсов на единицу продукции (в натуральном и/или денежном выражении) определяет общую или частную *природоемкость* отдельной продукции либо предприятия, хозяйственного комплекса, отрасли, экономики региона, страны в целом. *Частную природоемкость* образуют землеемкость, водоемкость, отходность, объемы воздействия на атмосферу и т.д.

Общая (полная) природоемкость может быть определена с учетом всех экологических издержек, в том числе при производстве сырья, энергии и комплектующих изделий, строительстве, эксплуатации, консервации и выводе из эксплуатации производственных объектов, коммуникаций. *Природоемкость производств* снижается по мере совершенствования технологии, укрепления дисциплины, повышения качества используемого сырья.

Понятие природоемкости приложимо не только к производству, но и к быту. *Природоемкость быта* зависит от природных условий (потребность в отоплении, теплой одежде и обуви), организации и состояния коммунального хозяйства, образа жизни и культуры поведения населения. С точки зрения перспектив выживания человечества снижение природоемкости производства и быта не менее важно, чем решение экономических проблем.

Рассмотрим способы оптимизации природопользования по отраслям промышленности (табл. 2.10).

Добывающая промышленность. Горнодобывающая промышленность включает три основных способа добычи полезных ископаемых: шахтный, открытый, скважинный.

Шахтный способ в тех или иных разновидностях используется с древнейших времен. Он предполагает создание транспортных горных выработок (шахтных стволов, штолен), идущих до залежей полезного ископаемого. Экологические проблемы при таком способе добычи связаны с образованием отвалов из вскрышных пород (терриконов), понижением уровня подземных вод в результате их откачки из горных выработок, опасностью загрязнения водных объектов шахтными (рудничными) водами.

Открытый способ применяется для добычи твердых полезных ископаемых (угля, горючих сланцев и торфа, различных руд, строительных материалов) и предполагает создание вместо относительно узких горных выработок более объемных карьеров и разрезов, что стало возможно с появлением мощной землеройной техники. Открытый способ считается более прогрессивным, поскольку он позволяет улучшить условия и повысить производительность труда, полнее извлекать полезное ископаемое [10].

Нагрузка на среду при этом способе добычи возрастает многократно, пропорционально увеличению объема выработок [10]. Нарушение земельного покрова при открытой добыче вызывает развевание,

эрозию, выщелачивание растворимых компонентов, загрязнение атмосферного воздуха, водоемов и почв прилегающих территорий. На угольных месторождениях проблема загрязнения атмосферы нередко усугубляется в связи со способностью попадающих в отвал отдельных сортов угля из непромышленных пластов самовозгораться при доступе воздуха [10]. В окрестностях крупных карьеров формируются депрессионные воронки, в пределах которых понижается уровень подземных вод, что приводит к осушению родников и колодцев [10].

Таблица 2.10

Природопользование в отраслях промышленности

Отрасль	Отходы	Водоёмкость	Проблемы	Решение экологических проблем
Добывающая			<ul style="list-style-type: none"> - изменение ландшафта; - нарушение режимов подземных вод; - загрязнение наземных и подземных вод; - загрязнение атмосферы; - загрязнение почв; - ущерб растительному и животному миру 	<ul style="list-style-type: none"> - рекультивация; - использование труб с внутренним антикоррозийным покрытием; - утилизация попутного газа как топлива или химического сырья; - регулирование нагрузки на элементы тектонической структуры; - изоляция водоносных горизонтов; - предотвращение утечек нефти, соленой воды и технологических жидкостей; - закачка обратно в недра попутно извлекаемых высокоминерализованных пластовых вод; - общие мероприятия по охране атмосферы от загрязнений
Энергетика	<ul style="list-style-type: none"> - оксиды серы; - оксиды азота; - оксид углерода; - шлак; - летучая зола; - радиоактивные отходы 		<ul style="list-style-type: none"> - изменение ландшафта; - выбросы отходов во все геосферы; - проблемы утилизации твердых и радиоактивных отходов; - активизация геодинамических процессов; - нарушение гидрологического режима рек; - нарушение условий обитания гидробионтов 	<ul style="list-style-type: none"> - использование золошлаковых отходов в строительной индустрии; - использования золы для мелиорации кислых почв; - освоение управляемого термоядерного синтеза
Металлургия	<ul style="list-style-type: none"> - диоксиды серы, углерода; - 0,2-1 т шлака / 1 т чугуна; - 10-200 т шлака / 1 т цветного металла 	<ul style="list-style-type: none"> - 40-50 м³ / 1 т чугуна; - 6 м³ / 1 т стали; - 10-15 м³ / 1 т проката 	<ul style="list-style-type: none"> - загрязнение воздуха и воды; - образование твердых отходов 	<ul style="list-style-type: none"> - использование систем оборотного водоснабжения; - использования шлака в дорожном строительстве; - использование шлака для известкования кислых почв

Отрасль	Отходы	Водоёмкость	Проблемы	Решение экологических проблем
Машиностроение	- 40-300 г пыли чугуна / 1 смену; - 20-150 г пыли цветных металлов / 1 смену; - 0,3-2 кг пыли пластмасс / 1 смену		- образование твердых отходов; - загрязнение атмосферы и вод; - нерациональное использование природных ресурсов; - акустическое воздействие	- использование отработанных растворов и шлама для извлечения цветных металлов
Химическая	- многообразные (прежде всего газообразные) отходы, в т.ч. канцерогены	- 2-3 тыс. м ³ / 1 т хим. волокна; - 1-1,1 тыс. м ³ / 1 т вискозного шёлка	- нерациональное использование природных ресурсов; - многообразии отходов	- использование систем оборотного водоснабжения; - осуществление технологических процессов в герметически закрытых аппаратах
Стройматериалов	- продукты сгорания топлива; - оксиды азота		- высокая природная ресурсоёмкость; - загрязнение атмосферы; - использование экологически опасных видов сырья и технологических процессов	- использование золошлаковых отходов металлургии и теплоэнергетики, пластмасс
Лёгкая и пищевая	- органические остатки; - химические реагенты		- загрязнение атмосферы и вод; - отсутствие очистных сооружений	
Лесная и целлюлозно-бумажная	- токсичные и дурно пахнущие органические газы; - высокотоксичные хлорорганические соединения	- 400-500 м ³ / 1 т целлюлозы	- высокая природная ресурсоёмкость; - загрязнение атмосферы и вод	- более эффективная очистка стоков; - более полной переработки сырья; - увеличения доли вторичных ресурсов; - замена наиболее опасных веществ, используемых в производстве, и самих технологических процессов
Военно-промышленный комплекс	- радиоактивные вещества		- комплексное негативное воздействие на окружающую среду и биосферу; - высокая опасность и экологический риск; - огромное потребление дефицитного сырья и энергии	- разоружение и разрешение любых конфликтов между государствами путем мирных переговоров; - повышение уровня цивилизации и культуры стран; - разработка системы мер рекультивации территорий, подвергшихся военным действиям или вовлеченным в использование в военных целях

Экологические проблемы шахтной и открытой добычи твердых полезных ископаемых решаются путем *рекультивации* — комплекса

работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, на улучшение условий окружающей среды. Рекультивация проводится по окончании отработки участка месторождения или месторождения в целом и включает два этапа: технический и биологический. При *технической рекультивации* выполняется закладка вскрышными породами подземных выработок, выравнивание поверхностей карьеров и отвалов. При *биологической рекультивации* создаются искусственные почвы (на основе торфа и др. подобных материалов), озеленение, зарыбление водоемов. При невозможности выполнить вертикальную планировку рельефа применяют упрощенные способы рекультивации: создание водоемов в отработанных карьерах, озеленение терриконов.

Скважинный способ предназначен, главным образом, для добычи жидких и газообразных полезных ископаемых: природных газов, нефти, подземных вод. Скважинный способ, оказывает значительно меньшую нагрузку на земельные ресурсы по сравнению с шахтной и карьерной добычей. Экологические проблемы скважинной добычи связаны с тем, что этот способ затрагивает большие глубины, где горно-геологические условия резко отличаются от приповерхностных (геохимическая обстановка восстановительная, почти бескислородная, давления достигают сотен атмосфер, распространены высокоминерализованные, агрессивные пластовые воды). При больших масштабах извлечения жидких и газообразных полезных ископаемых, а также при закачке воды и растворов для поддержания пластового давления, других воздействиях на пласты происходит перераспределение давлений, температур, геохимических параметров, направлений и скорости циркуляции подземных вод. Внешними проявлениями техногенно обусловленных изменений в недрах является активизация геодинамических процессов, в том числе с активизацией сейсмичности, изменения водообильности, режима и гидрохимических характеристик водоносных горизонтов, вызывающие загрязнение подземных вод. При аварийных утечках нефти, пластовых вод, технологических жидкостей происходит загрязнение атмосферного воздуха, почв и поверхностных вод, наносится ущерб растительному покрову и животному миру. Массированное загрязнение атмосферы, поверхностных вод и почв происходит также при авариях, приводящих к фонтанным выбросам нефти и газа. Для снижения аварийности используют трубы с внутренним антикоррозийным покрытием.

Постоянными источниками загрязнения атмосферы, связанными с добычей и транспортировкой нефти и газа, становятся газовые факелы, установки подготовки нефти, газокompрессорные станции, технологический транспорт [10]. Утилизация попутного газа как топлива или химического сырья не всегда возможна, так как он может содержать примесь негорючих компонентов (азот, углекислый газ) [10]. Охрана недр при скважинной добыче включает разрабатываемые на основе геоэкологических исследований комплексы мероприятий: регулирование нагрузки на элементы тектонической структуры в целях предотвращения активизации разломов, изоляцию водоносных горизонтов путем цементации затрубного пространства скважин и ликвидации (тампонажа) неиспользуемых скважин, предотвращение утечек нефти, соленой воды и технологических жидкостей. Высокоминерализованные пластовые воды, попутно извлекаемые при добыче нефти, закачиваются обратно в недра для поддержания пластового давления. Охрана атмосферы от загрязнений, связанных с добычей и транспортировкой нефти и газа (работа установок подготовки нефти, газокompрессорных станций, технологического транспорта) ведется с помощью природоохранных мероприятий, общих для разных отраслей промышленности и транспорта.

Энергетика. *Энергетика* представляет собой область хозяйства, охватывающую использование различных энергетических ресурсов, включая выработку, передачу, сохранение и использование энергии.

Теплоэнергетика. Взаимодействие тепловых электростанций и котельных с окружающей средой состоит в потреблении топлива, воды, атмосферного кислорода, изменении ландшафта и многообразных выбросах отходов во все геосферы. Удельное потребление топлива и кислорода воздуха, объём и состав выбросов определяются видом топлива и степенью совершенства технологии его сжигания. Фактические объёмы и состав выбросов зависят от сортов и марок угля, нефти и газа, параметры которых изменяются по месторождениям и отдельным залежам.

Для электростанций, работающих на угле, горючих сланцах и торфе, остро стоит проблема утилизации твердых отходов — шлака и летучей золы. Эффективный способ решения этой проблемы — использование золошлаковых отходов в строительной индустрии, при производстве железобетонных изделий. Это позволяет не только избежать занятия значительных территорий пылящими золо- и шлакоотвалами,

но и экономить такие природоёмкие материалы, как цемент и песок. Накоплен опыт использования золы для мелиорации кислых почв.

Наиболее приемлемым с экологической точки зрения видом ископаемого топлива является природный газ. Перевод на газовое топливо тепловых электростанций и котельных позволяет существенно снижать уровень загрязнения атмосферного воздуха городов. С технологической точки зрения (возможность транспортировки по трубам, удобство регулирования процесса горения, высокая калорийность) газ тоже удобнее других видов топлива.

Тепловые электростанции, независимо от используемого топлива, являются крупнейшими промышленными водопотребителями. Сброс нагретых вод приводит к тепловому загрязнению водоемов [10]. Поэтому при крупных электростанциях создаются специальные пруды-охладители с нарушенным температурным режимом.

Гидроэнергетика не вызывает химическое или радиационное загрязнение окружающей среды, однако создание водохранилищ приводит к затоплению земель, активизации экзогенных, а иногда и эндогенных геодинамических процессов, плотины гидроэлектростанций нарушают гидрологический режим рек и условия обитания гидробионтов [10]. Особенно много негативных последствий имеет создание значительных по площади водохранилищ на равнинных реках. Строительство высоконапорных плотин в горных долинах более эффективно в энергетическом отношении и наносит меньший ущерб земельным ресурсам. Однако здесь требуется большая осторожность, так как дополнительная статическая нагрузка от создаваемых водохранилищ способна нарушать неустойчивое равновесие тектонических блоков и провоцировать разрушительные землетрясения. Плотины и создаваемые ими водохранилища становятся факторами риска для нижележащих участков речных долин.

Ядерная энергетика интенсивно развивалась в период между 1954 г. (ввод первой в мире Обнинской АЭС) и 1986 г. (катастрофа на Чернобыльской АЭС). Ее развитию способствовали такие преимущества, как отсутствие регулярных выбросов и сбросов, высокая транспортабельность ядерного «топлива». После чернобыльской катастрофы почти все страны мира свернули свои ядерные энергетические программы. Причиной пересмотра отношения к атомной энергетике, наряду с опасностью катастроф вследствие технических неполадок, ошибок операторов, террористических актов, является отсутствие удовле-

творительного решения проблем захоронения радиоактивных отходов, консервации и демонтажа самих сооружений АЭС, после того как они полностью выработают свой ресурс. Необходимость дополнительных расходов ради повышения безопасности АЭС и всего ядерно-энергетического цикла подрывает рентабельность атомной энергетики.

Тем не менее, неминуемое истощение топливных ресурсов не позволяет человечеству полностью отказаться от ядерной энергетики. В настоящее время ее перспективы связываются с освоением управляемого термоядерного синтеза. Это надолго обеспечит удовлетворение потребностей человечества в энергии. Например, из дейтерия, содержащегося в одном литре морской воды, может быть получено столько же энергии, сколько из 300 литров бензина. При этом, поскольку продуктом термоядерных реакций является стабильный, химически инертный гелий, почти исключается химическое или радиационное загрязнение.

«Альтернативная» энергетика. Под этим собирательным названием кроется совокупность нетрадиционных, возобновимых источников энергии: солнечной, ветровой, геотермической, приливов и отливов, морских волн, атмосферного электричества [10]. Преимущество этих источников состоит в их экологической чистоте — отсутствии какого-либо загрязнения, недостаток — непостоянство и обусловленная им техническая сложность использования.

Черная и цветная металлургия. *Черная металлургия* относится к наиболее природоемким отраслям [10]. С загрязнением воздуха и воды, образованием твердых отходов связаны все технологии и стадии металлургического производства.

Наибольшие объемы выбросов связаны с традиционным способом получения стали — доменным производством чугуна, с последующим переделом его в сталь. Меньшее загрязнение приносит прямое восстановление железа непосредственно из руды в электропечах. Это позволяет избавиться от некоторых промежуточных стадий, вызывающих значительное загрязнение, и повысить качество продукции. Одновременно с этим, благодаря повышению качества изделий, сокращаются общие объемы выплавки металла и связанной с этим нагрузки на среду.

Высокая водоемкость таких производств (40-50 м³ на 1 т чугуна, 6 м³ на 1 т стали, 10-15 м³ на 1 т проката) связана с использованием воды для охлаждения. Снижение водоемкости металлургических про-

изводств достигается благодаря использованию систем оборотного водоснабжения. К тому же при выплавке 1 т чугуна и стали образуется 0,2-1 т шлака. Доменный и сталеплавильный шлак широко используется в дорожном строительстве как заменитель щебня, разновидности шлака с низким содержанием микроэлементов могут также использоваться для известкования кислых почв.

Цветная металлургия, имея схожую с черной металлургией структуру производства и характер воздействия на окружающую среду, отличается более высокой отходностью. Один из самых распространенных классов руд, используемых в цветной металлургии, — сульфиды. Переработка таких руд сопровождается выделением больших объемов кислотообразующих оксидов серы. Их утилизация путем переработки в серную кислоту весьма желательна, но не всегда возможна по технико-экономическим причинам. Особо высокой энергоемкостью отличается производство алюминия, поскольку в процессе плавки (электролиза) для поддержания требуемого состава расплава используются фториды натрия и алюминия, которые частично испаряются и диссоциируют, выделяя фтор и его газообразные соединения.

В зависимости от перерабатываемого сырья, выход шлака в цветной металлургии колеблется от 10 до 200 т на 1 т получаемого металла. Из-за высокого содержания микроэлементов возможности использования шлаков цветной металлургии ограничены.

Машиностроительный комплекс. Особенности экологических проблем машиностроительных предприятий обусловлены не столько их производственным профилем, сколько техническим уровнем. Они имеют энергетические, литейные и прокатные, металлообрабатывающие (механические), гальванические и покрасочные, сборочные производства [10]. По характеру воздействия на окружающую среду энергетические подразделения этих предприятий (котельные) не отличаются от тепловых электростанций, литейные и прокатные производства можно рассматривать как малые и средние металлургические заводы, со свойственными им экологическими проблемами [10]. Станки для механической обработки металлов дают множество твердых отходов (стружки, окалины, пыли, шлама), частично попадающих в атмосферу и сточные воды. Высокая отходность обработки металлов резанием в то же время не способствует рациональному использованию природных ресурсов. Механическая обработка металлов оказывает и акустическое воздействие.

К наиболее экологически опасным технологическим процессам машиностроительных предприятий относятся гальванические производства и нанесение лакокрасочных покрытий. В гальванических цехах применяются растворы кислот, соли тяжелых металлов. Образующиеся при нанесении гальванических покрытий отходы официально не подлежат вывозу на городские свалки и часто накапливаются на территории предприятий, сбрасываются в канализацию, вывозятся в смеси с другими отходами. Однако отработанные растворы и шлам гальванических производств могут использоваться для извлечения цветных металлов. При нанесении лакокрасочных покрытий образуются сравнительно небольшие по объему, но сложные по составу высокотоксичные выбросы.

Химическая промышленность. Химические предприятия перерабатывают разнообразное сырье, применяют специфические технологические процессы. При этом уровень использования сырья далек от 100 %. Так, при производстве фосфатов используется только 20-40 % полезного вещества, при производстве фосфорной кислоты в газовую фазу переходит до 60 % содержащегося в сырье фтора. Химическая промышленность относится к наиболее водоемким отраслям: потребление воды на 1 т химического волокна составляет 2-3 тыс. м³, на 1 т вискозного шелка — 1000-1100 м³. Снижение водоемкости достигается за счет оборотных систем водоснабжения. Большинство технологических процессов этой промышленности проводится в герметически закрытых аппаратах, при нормальной эксплуатации которых выбросы и сбросы сравнительно небольшие. Фактические масштабы воздействия химических и нефтехимических предприятий на окружающую среду во многом зависят от их технического состояния и соблюдения технологической дисциплины. Контроль над безопасностью работы химических предприятий осложняется в связи с многообразием их отходов (прежде всего, газообразных). Углубленное обследование химических предприятий показывает, что в выбросах присутствуют не 3-4 вещества, для которых имеются отработанные методики контроля, а около 150, в том числе канцерогенные соединения.

Промышленность строительных материалов. Деятельность этой отрасли связана с переработкой огромных объемов природных материалов, таких, как песок, глина, щебень, гравий, известняк, древесина. Поэтому данная отрасль оказывает большое косвенное влияние

на земельные ресурсы, недра, леса [10]. Снижению ресурсоемкости промышленности строительных материалов способствует использование золошлаковых отходов металлургии и теплоэнергетики, пластмасс [10]. При производстве кирпича, цемента, стекла, керамики используются высокотемпературные процессы, идущие в печах. Это ведет к загрязнению атмосферы продуктами сгорания топлива, оксидами азота. Собственные отходы промышленности строительных материалов (уловленная пыль, опилки, брак и бой изделий) велики, но, как правило, не токсичны или малотоксичны. Большая часть их возвращается в производство. Наиболее проблемные ситуации в строительной индустрии складываются при использовании экологически опасных видов сырья и технологических процессов. Например, к наиболее значимым источникам образования 3,4-бенз(а)пирена (сильный канцероген, вещество первого класса опасности) относятся небольшие асфальтовые заводы, не оснащенные фильтрами и выбрасывающие черный дым с большим содержанием сажи. Асбест до выявления его экологической опасности широко применялся из-за теплоизоляционных свойств.

Легкая и пищевая промышленность. Легкая и пищевая промышленность перерабатывают сырье растительного и животного происхождения, выбрасывая в воздух загрязняющие вещества от технологических процессов, сопровождаемых отходами сильно пахнущих компонентов (варка, жарка, копчение, переработка рыбы и мяса). Сточные воды предприятий пищевой промышленности содержат высокую концентрацию загрязняющих веществ и характеризуются колебаниями объемов и состава, с образованием залповых сбросов. В легкой промышленности, кроме натурального сырья, широко используются химические реагенты, красители. Например, в обработке кож применяют соли хрома, в состав красителей входят тот же хром кобальт, медь, никель. При использовании несовершенных технологий сырье перерабатывается не полностью, и множество органических остатков и химических реагентов переходит в состав сточных вод. Положение усугубляется тем, что значительная часть продукции легкой и пищевой промышленности производится на небольших предприятиях, часто не имеющих очистных сооружений.

Лесная и целлюлозно-бумажная промышленность. Этот вид промышленности воздействует на среду́ прямо, собственными техно-

логическими процессами и косвенно, как потребитель больших объемов растительного сырья, воды и энергии. Наибольшее воздействие оказывают процессы глубокой переработки древесины: производство древесноволокнистых и древесностружечных плит, использующее синтетические смолы, гидролизное производство, варка целлюлозы. Эти процессы сопровождаются выделением токсичных и дурно пахнущих газообразных органических загрязнений (фенол, формальдегид, меркаптаны). Некоторые органические соединения остаются в сточных водах и удаляются из них с большим трудом [10]. Целлюлозно-бумажная промышленность относится к водоемким отраслям (на производство 1 т целлюлозы требуется 400-500 м³ воды), поэтому при недостаточно эффективной очистке стоков происходит сильное загрязнение водных объектов [10]. К тому же, в силу привязанности к сырью, крупные целлюлозно-бумажные предприятия размещаются в таежных районах, где климатические условия не благоприятствуют самоочищению водоемов. Снижение воздействия лесных и целлюлозно-бумажных предприятий на среду достигается за счет более полной переработки сырья, увеличения доли вторичных ресурсов, замены наиболее опасных веществ, используемых в производстве, и самих технологических процессов. Так, при отбеливании целлюлозы традиционно используются соединения хлора, а их взаимодействие с органическими соединениями приводит к образованию высокотоксичных хлорорганических соединений. Поэтому в настоящее время ведется активный поиск замены хлора.

Военно-промышленный комплекс. Военно-промышленный комплекс (ВПК) включает в себя научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, занимающиеся разработкой военной техники, испытательные лаборатории и полигоны, производственные предприятия, где осуществляется массовый выпуск оружия, а также сухопутные армии, военно-воздушные силы и военно-морской флот. ВПК оказывает огромное негативное воздействие на окружающую среду, которое проявляется и в мирное, и в военное время. Объекты, связанные с производством и хранением любого вида оружия, представляют большую опасность для населения, проживающего на прилегающих к этим объектам территориях, и для окружающей среды. Промышленные предприятия, производящие вооружение, потребляют огромное количество дефицитного сырья и энергии. Даже разоружение и уничтожение оружия сопряжено с большим экологическим риском.

Отрицательное воздействие на биосферу оказывают и испытания различного вида вооружений. Особенно это касается испытаний ядерного оружия, проводившихся, как правило, в пустынях, на островах и в других районах, экосистемы которых крайне уязвимы для внешних воздействий. Испытания вызывают риск радиоактивного облучения, приводящего к тяжелым заболеваниям. Для размещения и боевой подготовки современных армий отчуждаются значительные земельные площади. Дислокация подобной военной мощи оказывает огромное негативное воздействие на природные комплексы, вызывая их деградацию.

Однако самое опасное в деятельности ВПК — это войны и вызываемые ими опустошения. Арена военных действий может охватывать территории целых государств, при этом разрушается вся среда обитания. Сооружение военной инфраструктуры (дорог, укреплений, траншей) увеличивает площадь используемых земель, перемещаются многие миллионы кубометров грунта, уничтожаются растительность, почвенный покров, загрязняются воды, атмосферный воздух. Этому способствует и применение отравляющих веществ, как это было во время войны во Вьетнаме (гербицидами было уничтожено 568 тыс. га леса, 363,8 тыс. га посевов сельскохозяйственных культур) [10]. Во время агрессии Ирака против Кувейта произошло сильное загрязнение вод Персидского залива нефтью и нефтепродуктами. Нефтяная пленка вызывает гибель планктона, служащего кормом рыбам, и т.д.

Расчеты показывают, что если произойдет крупномасштабная война, в ходе которой крупнейшие города мира подвергнутся ядерной бомбардировке, то солнечный свет в течение длительного времени не сможет пробиться через гигантские облака сажи от взрывов и пожаров. В результате снизится средняя температура воздуха (во внутриконтинентальных районах на несколько десятков градусов). Ядерная зима — следствие такого изменения климатических условий, может продлиться неопределенно долго. Перепады температур между быстро остывшей сушей и океанами способны породить ветры чудовищной силы. Резкое и глубокое изменение температуры и осадков отразится на сельском хозяйстве и главных экосистемах мира — лесных, степных, морских. Это вызовет глобальный продовольственный кризис; распад системы производства приведет к резкому снижению численности населения. Таким образом, в случае ядерной войны произойдут глобальные и настолько глубокие разрушения природной среды и социально-

экономических структур человеческого общества, что они исключат возврат к предвоенному состоянию. Похожую катастрофу, только без радиоактивного загрязнения, Земля пережила на рубеже мезозоя и кайнозоя, когда падение гигантского метеорита (кометы?) привело к радикальной смене флоры и фауны, в частности, к вымиранию динозавров.

Какие меры способны снизить степень негативного воздействия ВПК? Прежде всего, это разоружение и разрешение любых конфликтов между государствами путем мирных переговоров. Чем выше уровень цивилизации и культуры стран, тем меньше вероятность военных конфликтов [10]. Необходимо провести независимое обследование всех военных объектов страны и разработать систему мер рекультивации территорий, подвергшихся военным действиям или вовлеченным в использование в военных целях.

2.5. Мониторинг химического загрязнения биосферы

Общие представления о мониторинге окружающей среды. Пристальное внимание к проблемам наблюдений и контроля за состоянием и уровнем загрязнения природной среды большинства развитых стран мира проявляется, по крайней мере, со времени Стокгольмской конференции 1972 г., на которой была выработана специальная Программа ООН по окружающей среде, которая получила дальнейшее развитие в многочисленных документах, конвенциях, решениях, принятых на международных конференциях по охране окружающей среды во все последующие годы. Основная задача глобальной системы мониторинга состоит в раннем предупреждении о наступающих естественных или антропогенных изменениях состояния природной среды, которые могут нанести прямой или косвенный ущерб здоровью или благосостоянию людей [15]. Экологическим мониторингом называют систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием антропогенных воздействий. Мониторинг является важнейшей частью экологического контроля, который осуществляет государство. При мониторинге качественно и количественно характеризуются состояние воздуха, а также поверхностных вод, климатические изменения, свойства почвенного покрова, состояние растительности и животного мира. Различают довольно много видов мониторинга, как по характеру загрязнения среды, так и по методам или целям наблюдения [15]. По территориальному охвату различают три сту-

пени или блока современного мониторинга – локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический), региональный (геосистемный, природно-хозяйственный) и глобальный (биосферный, фоновый) (табл. 2.11) [6].

Таблица 2.11

Система наземного мониторинга окружающей среды
(по И.П. Герасимову) [6]

Ступени мониторинга	Объекты мониторинга	Характеризуемые показатели
Локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический)	Приземный слой воздуха	ПДК токсических веществ
	Поверхностные и грунтовые воды, промышленные и бытовые стоки и различные выбросы	Физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и др.)
	Радиоактивные излучения	Предельная степень радиоизлучения
Региональный (геосистемный, природно-хозяйственный)	Исчезающие виды животных и растений	Популяционное состояние видов
	Природные экосистемы	Их структура и нарушения
	Агрэкоэкосистемы	Урожайность сельскохозяйственных культур
	Лесные экосистемы	Продуктивность насаждений
Глобальный (биосферный, фоновый)	Атмосфера	Радиационный баланс, тепловой перегрев, состав и запыление
	Гидросфера	Загрязнение рек и водоемов; водные бассейны, круговорот воды на континентах
	Растительные и почвенные покровы, животное население	Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных. Глобальные круговороты и баланс CO ₂ , O ₂ и других веществ

При биоэкологическом мониторинге кроме всего прочего (см. табл. 2.11), тщательно исследуются и такие вредные физические воз-

действия, как вибрация, шум, радиация, электромагнитные поля и др. Пункты экологических наблюдений располагают в местах концентрации населения и районах интенсивной его деятельности с таким расчётом, чтобы они контролировали основные линии связи человека (трофические и др.) с естественными и искусственными компонентами окружающей среды. В составе биоэкологического (санитарно-гигиенического) мониторинга большое внимание уделяют наблюдениям за ростом врождённых дефектов в популяциях человека и динамикой генетических последствий загрязнения биосферы, в первую очередь мутагенами [6].

Региональный мониторинг охватывает отдельные регионы, в пределах которых имеют место процессы и явления, отличающиеся по природному характеру или по антропогенным воздействиям от общего базового фона [15]. На этом уровне наблюдения ведут за состоянием экосистем крупных природно-территориальных комплексов (бассейнов рек, лесных экосистем, агроэкосистем и т.д.).

Глобальный мониторинг предусматривает слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере и осуществление прогноза возможных изменений [15]. Разработка и координация глобального мониторинга окружающей среды осуществляется в рамках ЮНЕП (орган ООН) и Всемирной метеорологической организации (ВМО) [6]. Основными целями этой программы являются:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка влияния глобального загрязнения атмосферы на климат;
- оценка количества и распределения загрязнений в биологических системах, особенно в пищевых цепочках;
- оценка критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;
- оценка реакции наземных экосистем на воздействие окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и влияния загрязнения на морские экосистемы;
- создание системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

При выполнении работ по программе глобального мониторинга особое внимание уделяют наблюдениям за состоянием природной среды из Космоса [6].

Импактный мониторинг предусматривает осуществление наблюдений в особо опасных зонах и местах, обычно непосредственно прилегающих к источникам загрязняющих веществ [15]. Важное значение имеет так называемый *базовый* (или *фоновый*) *мониторинг*, задача которого — слежение за состоянием природных систем и природными процессами, на которые практически не влияют региональные антропогенные факторы [15].

В России функционирует разветвлённая общегосударственная служба наблюдения по всем ступеням мониторинга – локальной, региональной и глобальной. Основной объём наблюдений выполняют Федеральные службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет России) [6]. Задачи по программированию изменений в окружающей среде и по принятию *управляющих решений*, т.е. решений, предотвращающих негативные изменения среды, в системе мониторинга решают с помощью математического моделирования на ЭВМ.

Методы контроля содержания загрязняющих веществ в биосфере. Для успешного осуществления контроля состояния окружающей среды используются как классические методы химического анализа (гравиметрический и титриметрический), так и современные методы инструментального анализа [15]. В таблице 2.12 приведена классификация методов химического анализа, широко используемых при определении загрязняющих веществ в различных компонентах биосферы. Основным фактором в выборе методов исследований воздуха, природных и сточных вод и почв является, как правило, стоимость и доступность оборудования.

Мониторинг биogeоценозов. При изучении и оценке устойчивости природных образований используются методы биоиндикации антропогенных воздействий на природные биogeоценозы. *Биоиндикация* - это обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ.

Таблица 2.12

Методы определения загрязняющих веществ в биосфере

Метод	Образец	Требуемое оборудование	Относительная селективность	Средняя продолжительность анализа, ч	Определяемые компоненты объекта анализа
Гравиметрический	Т, Ж, Г	Стандартное лабораторное	Хорошая	1-2	Основные компоненты
Титриметрический	Т, Ж, Г	- // -	- // -	0,25-0,5	Основные и полумикрокомпоненты
СФМ в видимой части	Т, Ж, Г	Колориметр, спектрофотометр	Удовлетворит.	0,5-1,0	Полумикро- и микрокомпоненты
УФ СФМ	Т, Ж, Г	УФ-спектрофотометр	- // -	0,5-1,0	Полумикро- и микрокомпоненты (хромофоры и органические вещества)
Пламенная эмиссионная спектроскопия	Т, Ж	Пламенный фотометр	Хорошая	0,25-0,5	Микрокомпоненты (щелочные, щелочно-земельные и другие металлы)
АА спектроскопия	Т, Ж	АА-спектрофотометр	Отличная	0,25-0,5	Микрокомпоненты (переходные и другие металлы)
Газовая хроматография	Ж, Г	Газовый хроматограф	- // -	0,25-0,5	От основных до микрокомпонентов; органические и металлоорганические соединения
Вольтамперометрия	Ж	Импульсный полярограф постоянного тока	Хорошая	0,25-0,5	Микрокомпоненты, следы металлов (As, Bi, Cd, Fe, Pb, Sb, Sn, Zn и др.)
Спектрофлуориметрия	Т, Ж	Регистрирующий спектрофлуориметр	- // -	0,5-1,0	Микрокомпоненты (органические и неорганические примеси)
РФ спектрометрия	Т, Ж	РФ-спектрометр	- // -	0,25-0,5	Полумикрокомпоненты (элементы в почве)
Жидкостная хроматография	Т, Ж	Жидкостный хроматограф высокого давления	Хорошая	0,5-1,0	Микрокомпоненты, преимущественно органические вещества
Полярография	Ж	Многофункциональный полярограф	- // -	0,25-0,5	Полумикро- и микрокомпоненты; многие элементы и органические вещества
ИК спектроскопия	Т, Ж, Г	ИК спектрометр	Удовлетворит.	0,5-1,0	Основные и микрокомпоненты; органические вещества и газы
Микробиологический	Т, Ж	Микробиологическое оборудование	- // -	12	Микрокомпоненты, организмы

Условные обозначения и сокращения: СФМ – спектрофотометрия, УФ – ультрафиолетовая(ый), АА - атомно-абсорбционная(ый), РФ – рентгенофлуоресцентная(ый), ИК – инфракрасная(ый); Т – твёрдый, Ж - жидкий, Г – газообразный; Удовлетворит. - удовлетворительная.

При биоиндикации используют некоторые общие допущения, в частности принимают сходство путей поступления загрязняющих веществ в биосферу и на поверхность почвенного и растительного покрова, тесную корреляцию между показателями видовой чувствительности различных видов растений к разным видам техногенных загрязнений. Например, если данный вид чувствителен к каким-либо загрязняющим веществам, то можно допустить, что он чувствителен и к другим: хвойные породы деревьев чувствительны как к радиоактивному загрязнению, так и к другим видам промышленного загрязнения. Во многих случаях удобно выделять так называемые *критические экосистемы*, или системы, чувствительные к широкому спектру антропогенных нагрузок.

Одним из перспективных подходов в оценке состояния природной среды является контроль за биогенным круговоротом веществ и продуктивностью биоты. При длительном воздействии загрязняющих веществ даже в очень низких концентрациях возможные экологические последствия могут проявиться спустя длительное время. Для прогноза этих последствий и их своевременного предупреждения можно использовать такие чувствительные показатели, как количество пыльцы и семян, частота нарушений хромосом в клетках меристемы, фракционный состав белков растительных тканей. Животные также могут быть объектами биоиндикационных исследований. Для осуществления контроля за состоянием биосферы особое значение имеет разработка нормативов, регламентирующих допустимые выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и поступление их в природные экосистемы с учетом воздействия этих веществ и других антропогенных факторов на организмы и сообщества [15].

Градации уровней антропогенных нагрузок, основанные на состоянии почвенных микроорганизмов, разработаны Д.Г. Звягинцевым с соавторами [15]:

- *нагрузка низкого уровня* не имеет последствий, система легко возвращается в исходное состояние;

- *среднему уровню загрязнения* соответствуют изменения в микробной системе почв, которые выражаются в перераспределении степени доминирования в составе активно функционирующих микроорганизмов;

- *высокому уровню загрязнения* соответствуют изменения в микробной системе почвы, которые проявляются в полной смене состава

активно функционирующих микроорганизмов, т. е. в образовании нового сообщества;

- *очень высокому уровню загрязнения* соответствуют нарушения, при которых полностью исключается возможность роста микроорганизмов.

Таким образом, используя микробиологические подходы, можно оценить уровень загрязнения того или иного биогеоценоза.

Принципы и задачи почвенного мониторинга. Почвенный покров представляет собой систему менее динамичную и более буферную, чем атмосферный воздух или водоемы, поэтому методы исследования его существенно отличаются от методов анализа других природных систем.

По Б.Г. Розанову, почвы и почвенный покров Земли выполняют, по крайней мере, семь важнейших глобальных и экологических функций [15]:

1) функция поддержания существования жизни на Земле, которая обусловлена тем, что почва аккумулирует в доступных формах элементы питания, запасы воды, создает оптимальные условия для укоренения растений, обитания микроорганизмов, позвоночных и беспозвоночных животных;

2) обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов веществ;

3) регулирование состава атмосферы и природных вод;

4) регулирование интенсивности биосферных процессов, в частности плотности и продуктивности населяющих поверхность почвы организмов;

5) накопление на земной поверхности органического вещества - гумуса и связанной с ним энергии;

6) защита литосферы от излишне интенсивного воздействия экзогенных факторов, вызывающих разрушение горных пород; благодаря этому обеспечиваются нормальные темпы геологической денудации суши, предупреждается (приостанавливается) слишком быстрый вынос продуктов выветривания горных пород в мировой океан;

7) почва - незаменимый природный ресурс, поскольку именно почва посредством живых организмов обеспечивает человека продовольствием, топливом, строительными материалами, сырьем для многих видов промышленности.

Учитывая все эти многообразные функции, приходится говорить не только о почвенно-экологическом или почвенно-химическом мониторинге, но и специально разрабатывать основы экологического почвенного мониторинга [15]. К сожалению, до сих пор нет согласованных программ всех видов мониторинга.

В основе почвенного мониторинга в целом должны лежать следующие основные принципы:

1) разработка методов контроля за наиболее уязвимыми свойствами почв, изменение которых может вызвать потерю плодородия, ухудшение качества растительной продукции, деградацию почвенного покрова;

2) постоянный контроль важнейших показателей почвенного плодородия;

3) ранняя диагностика негативных изменений почвенных свойств;

4) разработка методов контроля сезонной динамики почвенных процессов с целью прогноза ожидаемых урожаев и оперативного регулирования развития сельскохозяйственных культур, а также контроля изменения свойств почв при длительных антропогенных нагрузках.

Наиболее уязвимых свойств почв и особо опасных процессов немного, некоторые из них проявляются только в конкретных почвенно-климатических зонах. Общими для многих почв является потеря гумуса, увеличение кислотности или щелочности, неблагоприятные изменения состава обменных катионов, эрозия и дефляция, загрязнение почв пестицидами, детергентами и другими органическими соединениями, угнетение почвенной биоты. Меньшее значение имеют засоление и осолонцевание, проявляющиеся в степных и аридных условиях, загрязнение нефтепродуктами в районах нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих предприятий. Потеря гумуса и изменение его качественного состава проявляются практически во всех почвах любых природных зон. Опасно возрастание кислотности почв, характерное для северных гумидных регионов и некоторых почв влажных субтропических и тропических регионов. Так же опасно увеличение щелочности, выявленное в семиаридных и аридных областях при избыточном орошении, повышении уровня грунтовых вод. Эрозия и дефляция развиты практически повсеместно, но проявляются в разных степенях.

Все перечисленные показатели и свойства должны входить в задачи агроэкологического мониторинга, поскольку от них зависят уровень урожая и качество получаемых продуктов. Сюда же входит и контроль

за содержанием в почве тяжелых металлов, фторидов и других токсичных компонентов. При почвенном мониторинге, в отличие от мониторинга атмосферы и гидросферы, особенно важной становится ранняя диагностика неблагоприятных изменений свойств почвы.

Почвы обладают довольно высокой буферностью по отношению к различным экзогенным нагрузкам, в том числе они сопротивляются изменению реакции среды, изменению содержания доступных растениям элементов питания и токсичных компонентов, окислительно-восстановительного потенциала, емкости поглощения и пр. [15]. Поэтому при возникновении негативных процессов изменения свойств почв выявляются не сразу, а лишь тогда, когда ухудшение показателей зашло уже слишком далеко [15]. Так, при постепенном подъеме уровня засоленных почвенно-грунтовых вод постепенно нарастает и степень засоления почв, но на урожай и качество сельскохозяйственной продукции это начинает сказываться только тогда, когда степень засоления превысила опасный предельный уровень. Одновременно могут возрасти щелочность, степень солонцеватости почв, угнетение почвенной биоты. Восстановление благоприятных свойств почвы в этом случае потребует уже больших затрат и материальных ресурсов. В то же время возможна ранняя диагностика:

- засоления почв - по электрической проводимости почвенного раствора,
- осолонцевания - по рН и активности ионов натрия,
- загрязнения тяжелыми металлами - по показателям ферментативной активности почвы.

Контролируемые показатели и методы почвенно-химического мониторинга. Цели и задачи мониторинга не включают ни вопросы исследовательской работы, ни вмешательства в протекающие природные процессы. Система мониторинга - это система наблюдений и получения информации о состоянии природной среды. Отсюда непосредственно следует, что выбираемые для мониторинга показатели должны быть по возможности просты, а методы доступны, в том числе для сравнительно небольших лабораторий, не располагающих дорогостоящим оборудованием. Кроме того, необходимо отметить, что если при контроле воздуха или вод основное внимание обращается на вредные или токсичные примеси, то при почвенном мониторинге приходится контролировать многие параметры, характеризующие систему в целом, выявлять признаки, указывающие на возникновение неблаго-

приятных тенденций или снижение почвенного плодородия. Рассмотрим конкретные важнейшие показатели почвенного мониторинга.

Кисотно-основные свойства. Важнейший и, как правило, достаточный для характеристики почв показатель — это значение рН в водных или солевых вытяжках. Возможны случаи, когда содержание кислотных компонентов в почве нарастает, но рН практически не изменяется. Тогда кроме рН целесообразно определять так называемую *потенциальную кислотность* (которую находят путем титрования щелочью вытяжки из почвы, приготовленной на 1,0 М растворе КСl).

Для определения рН водных вытяжек используют стеклянные электроды. Навеску массой 10 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито с отверстиями в 1 мм, помещают в плоскодонную колбу, приливают 25 мл дистиллированной воды (рН 6,0-6,5), взбалтывают в течение 1 ч. В приготовленную суспензию погружают комбинированный электрод или простой Н-электрод и электрод сравнения (каломельный или хлорсеребряный) и измеряют ЭДС с помощью любого подходящего рН-метра, иономера или потенциометра [15]. Затем по градуировочному графику, предварительно построенному с помощью стандартных буферных растворов, находят значение рН [15].

Солевые вытяжки получают аналогично водным, используя вместо дистиллированной воды 1,0 М раствор КСl. Все остальные операции идентичны.

Промышленность выпускает стационарные лабораторные рН-метры и переносные — полевые, портативные приборы, удобные для осуществления контроля непосредственно в природной обстановке. Оптимальный диапазон рН для растений - примерно от 5,0-5,5 до 7,0-7,5. Если кислотность увеличивается, прибегают к известкованию почв; при рН более 7,5-8,0 используют химические средства для снижения рН. Величины рН следует контролировать 2-3 раза в год, поскольку нежелательные сдвиги могут проявляться только в один из сезонов.

Динамика содержания гумуса. Контроль содержания гумуса входит в число первоочередных задач, поскольку изменение количества органического вещества в почве не только прямо связано с изменениями практически всех свойств почв и их плодородия, но отражает влияние внешних негативных процессов, вызывающих деградацию почв. Для определения содержания гумуса в почве чаще всего используют метод И.В. Тюрина - по окисляемости органического вещества.

К навеске почвы приливают раствор $K_2Cr_2O_7$ в серной кислоте и кипятят точно 5 мин (в некоторых модификациях метода реакцию проводят при комнатной температуре в течение суток). При этом органические вещества, входящие в состав гумуса, окисляются до CO_2 и H_2O ; для обеспечения полноты окисления используют в качестве катализатора сульфат серебра Ag_2SO_4 , по количеству израсходованного окислителя ($K_2Cr_2O_7$) рассчитывают содержание в почве гумуса. Применение этого метода стало возможным потому, что элементарный состав почвенного гумуса представлен преимущественно углеродом, водородом, кислородом и азотом, но содержание азота мало (около 5 % от количества гумуса) и его практически не принимают во внимание. Соотношение водорода и кислорода в гумусе почти такое же, как в воде, т.е. атомное отношение $H : O = 2 : 1$; иными словами, окислитель не расходуется на окисление водорода до воды. С некоторым приближением считают, что весь окислитель расходуется только на окисление углерода.

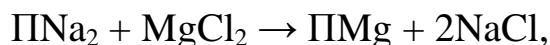
При этом Cr^{6+} восстанавливается до Cr^{3+} . Количество израсходованного окислителя находят либо путем обратного титрования солью Мора, либо спектрофотометрически, определяя содержание образовавшегося Cr^{3+} в пробе по интенсивности довольно сильной полосы поглощения при 580 нм.

Недостаток этого метода заключается в том, что реально определяется не содержание углерода, а окисляемость почвы, поэтому метод неприменим для анализа оглеенных и заболоченных почв. Кроме того, результаты наблюдений обусловлены не только изменением количества гумуса в почве, но и степенью его окисленности [15]. При вспашке и длительном сельскохозяйственном использовании органическое вещество почвы дополнительно окисляется, отношение $H : O$ становится меньше, чем 2:1, и на окисление гумуса расходуется уже меньшее количество дихромата [15]. Создается впечатление потерь гумуса, хотя на самом деле возрастает степень его окисленности. Тем не менее, этот метод широко используется вследствие его простоты и доступности. В последнее время стали применять анализаторы углерода, в которых производится сухое сжигание органического вещества в токе кислорода с последующим определением количества выделившегося CO_2 . Этот метод быстр, дает истинное представление о содержании углерода, но не всегда обеспечивает полное сжигание гумуса (это зависит от используемой в анализаторе температуры, продолжительности сжига-

ния и состава газовой смеси); мешающее влияние могут оказать почвенные карбонаты. Анализаторы углерода и комбинированные анализаторы, позволяющие определять углерод, водород и азот, несомненно, перспективны, хотя пока еще дороги и доступны далеко не всем лабораториям. Для контроля качественной характеристики почвенного гумуса целесообразно определять содержание водорастворимых органических веществ, формирующих в значительной мере запас лабильных элементов питания и являющихся показателем доступности гумусовых веществ микроорганизмам.

Вторичное засоление почв. Вторичное, точнее, антропогенное засоление почв проявляется при недостаточно научно обоснованном орошении, строительстве каналов и водохранилищ, при развеивании солевых аккумуляций и др. Химически оно проявляется в увеличении содержания в почвах и почвенных растворах легкорастворимых солей — это NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, MgSO₄ и др. Наиболее простой и быстрый метод обнаружения засоления основан на измерении электрической проводимости. Применяют определение электрической проводимости почвенных суспензий, паст насыщения, водных вытяжек, почвенных растворов и непосредственно почв. Быстро и достаточно точно можно контролировать этот процесс, определяя удельную электрическую проводимость водных суспензий с помощью специальных солемеров.

Осолонцевание почв. Химическим признаком осолонцевания обычно служит увеличение содержания в почвах обменного натрия. Для определения его содержания навеску почвы заливают 1 М раствором MgCl₂, взбалтывают в течение 1 ч и затем определяют количество натрия, вытесненного из почвенного поглощающего комплекса по реакции:



где П — символ почвенного поглощающего комплекса; коэффициенты уравнения в известной степени условны, поскольку основность комплекса практически не может быть определена. Общее количество вытесненного Na⁺ может быть определено ионометрически или на пламенном фотометре [15].

III. Основы экономики природопользования

Эксплуатация ресурсов не должна нарушать динамическую устойчивость биосферы. Это возможно только при значительном сокращении объёма этой эксплуатации. Для этого необходим переход к та-

кой модели экономики, при которой все потребители ресурсов полностью и с процентами компенсировали бы ущерб, наносимый природной среде, экологическим системам и здоровью людей [1].

Принципы экологической ресурсологии. Соответствующие изменения в экономике ресурсов должны базироваться на представлениях о соотношении ресурсов биосферы и техносферы и на экологически ориентированных *принципах современной ресурсологии*:

- 1) неисчерпаемых ресурсов не существует;
- 2) исчерпаемость природных ресурсов зависит от уровня их возобновляемости;
- 3) никакая изыскательская или хозяйственная деятельность не может квалифицироваться как воспроизводство ресурсов;
- 4) необходимая для человека масштабная эксплуатация невозобновляемых ресурсов (особенно ископаемых энергоносителей и руд) с точки зрения законов биосферы противоестественна и поэтому «противозаконна»;
- 5) даровых, бесплатных природных ресурсов не существует;
- 6) законы природы исключают право собственности на ресурсы биосферы;
- 7) любой используемый человеком возобновляемый ресурс должен быть воспроизведен, восстановлен как в количественном, так и в качественном отношении;
- 8) *принцип трансформации ресурсного капитала* («правит Подольского-Хартвика»): капитал, заключенный в невозобновляемых ресурсах, при их освоении и эксплуатации должен трансформироваться в равновеликий финансовый или иной капитал, принадлежащий государству и направляемый на воспроизводство возобновляемых природных ресурсов.

Реализация этих принципов означает применение высокого биосферного экологического налога на ресурсы, что влечет за собой подорожание всей ресурсной базы экономики и, следовательно [1]:

- а) общее количественное ограничение изъятия ресурсов;
- б) необходимость более глубокой разработки месторождений и более полного извлечения полезных компонентов из сырья;
- в) стимулирование всех средств экономии ресурсов в процессе производства и потребления;
- г) необходимость замены используемых ресурсов и изыскания новых, более экологичных ресурсов;

д) максимально возможное переключение ресурсной базы экономики с невозобновляемых на возобновляемые ресурсы.

В частности, в ближайшее десятилетие человечество неизбежно столкнется со значительным подорожанием топливно-энергетических ресурсов из-за снижения общей сортности и быстро растущей потребности их резервирования для нужд оргсинтеза [1].

Рост цивилизации за счет биосферы. Как показано в предыдущих главах, искусственная, созданная человеком хозяйственная подсистема экосферы за короткое по эволюционным масштабам время выросла до уровня количественного сравнения с природной подсистемой. Никакого другого источника для роста, кроме изъятия и потребления ресурсов биосферы, у хозяйственной подсистемы нет. На это обычно возражают, что индустриальная цивилизация выросла в основном не за счет биологических ресурсов, а за счёт запасов земных недр - руд, минералов и ископаемого топлива, которые не имеют никакого отношения к живой природе. Тем не менее, рост индустриальной цивилизации оказался возможен только за счет разрушения природной среды. Шаг за шагом на протяжении человеческой истории с возрастающей скоростью вырубались леса, распахивались степи, осушались болота, а запущенные поля и засоленные оросительные системы становились безжизненными песками. Наибольших масштабов и скоростей эти тенденции достигли XX в.

XX век: экономический рост и утраты биосферы. Некоторые данные о росте техносферы и утратах биосферы в XX в. представлены в таблице 3.1.

В минувшем столетии наряду с демографическим взрывом произошел мощный подъем техногенеза и мировой экономики. Наиболее характерные черты этих изменений можно представить следующим образом.

1. К началу XX в. человечество имело экономику, производившую *валовой мировой продукт* (ВМП) в объеме около 60 млрд долл. в год. В настоящее время подобный ВМП производится менее чем за один день. Однако в эти данные не входит стоимость экологических товаров и услуг, которые являются необходимыми для поддержания жизни на Земле и выступают одной из составляющих благосостояния человека, но находятся за пределами рынка [1]. «Традиционалисты» от экономики не хотят учитывать эти «бросовые», как они считают, расходы,

ссылаясь на то, что до сих пор нет общепринятых методов оценки «экологического капитала».

Таблица 3.1

Рост техносферы и потери биосферы в XX в. [1]

Показатель	Начало века	Конец века
Валовой мировой продукт, млрд долл./год	60	30 000
Энергетическая мощность техносферы, ТВт	1	14
Численность населения, млрд человек	1,6	6,1
Добыча всех видов ископаемых, Гт/год	0,6	125
Потребление пресной воды, км ³ /год	360	5 000
Потребление первичной продукции биоты, %	1	12
Площадь лесов, млн км ²	46,5	38,7
Площадь вторичных пустынь, млн км ²	28	36
Площадь деградированных земель, млн км ²	0,14	19
Сокращение числа видов, %	(0)	20
Площадь суши, занятая техносферой, млн км ²	13	38
Риск техногенных поражений людей, %	0,5	2,5

2. За 100 лет мировое *потребление энергии* увеличилось в 14 раз. Структура топливного баланса большинства стран мира претерпела изменения: если ранее в структуре баланса основную долю оставляли дрова и уголь, то к концу XX в. преобладающим видом стало углеводородное топливо — нефть и газ (до 65 %), кроме того, отмечается заметный вклад гидроэнергетики и ядерной энергетики (в сумме до 9 %).

3. Общая *численность населения* мира выросла за 100 лет в 3,83 раза, достигнув к середине 2000 г. 6,1 млрд человек. В менее развитых странах рождаемость в 1995-2000 гг. зафиксирована на уровне 3,1 ребенка на женщину, тогда как в развитых странах этот показатель за тот же период составил 1,57, что гораздо ниже прироста замещения, равного 2,1 ребенка на женщину. Шесть стран дают половину общемирового ежегодного прироста населения: Пакистан (темпы роста ≈ 5 % в год), Нигерия и Бангладеш (по 4 %), Индонезия (3 %), Китай (2 %) и Индия (1 %).

4. Многократно увеличилась добыча и переработка минеральных ресурсов — руд и нерудных материалов.

5. В XX в. значительно вырос объем и изменилась *структура машиностроения* в связи с развитием станкостроения, техники двигателей внутреннего сгорания, электротехники и автоматизации.

6. Важной чертой современного техногенеза является интенсивная *химизация* всех отраслей хозяйства.

Если все приведённые здесь характеристики техногенеза представить в виде графика, то рост потребления энергии в мире, рост народонаселения, душевого энергопотребления и ВМП - все соответствующие графики экспоненциальны. Экспоненциальный рост мировой экономики однозначно свидетельствует об экспоненциальном росте изъятия природных ресурсов и техногенной деградации среды [1].

Экология и экономика. До недавнего времени в нашей стране отсутствовали эффективные экономические рычаги, способствующие сохранению и рациональному использованию окружающей среды [6]. Ныне в России создан и функционирует *экономический механизм охраны окружающей среды* (ООС), ориентированный на рыночную экономику, а точнее, соответствующий критериям переходного периода к ней. Новая структура экономического механизма сочетает как ранее действовавшие нормы (природно-ресурсные кадастры, материально-техническое обеспечение и др.), так и новые экономические стимулы (экологические фонды, плата за пользование природными ресурсами, экологическое страхование и др.) (рис. 3.1).

Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» (2002) *основными задачами экономического механизма* являются [6]:

- планирование и финансирование природоохранных мероприятий;
- установление лимитов на размещение отходов, объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ;
- установление нормативов платы и размеров платежей за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов и другие виды вредного воздействия;
- предоставление налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении малоотходных и ресурсосберегающих технологий и нетрадиционных видов энергии, осуществлении других эффективных мер по ООС;
- возмещение вреда, причиненного окружающей среде и здоровью человека.

По мнению ученых, главная специфическая особенность нового экономического механизма — сделать охрану окружающей среды составной частью производственно-коммерческой деятельности, чтобы хозяйственник, предприниматель был заинтересован в охране окру-

жающей среды не меньше, чем он заинтересован в выпуске конкурентоспособной продукции [6].



Рис. 3.1. Структура экономического механизма охраны окружающей среды [6]

Эколого-экономический учет природных ресурсов и загрязнителей. Учет природных ресурсов – основополагающее условие их охраны и рационального использования [10]. Экономические, экологиче-

ские и некоторые другие показатели природных ресурсов обычно обобщают в виде кадастров [6]. *Кадастр* (франц. *cadastre*) — систематизированный свод сведений, количественно и качественно, характеризующих определённый вид природных ресурсов или явлений, в ряде случаев с их социально-экономической оценкой. Различают земельный, водный, лесной, кадастр недр, животного мира, медико-биологический, промысловый и другие виды кадастров [6].

Земельный кадастр включает данные регистрации землепользователей (собственники, пользователи, арендаторы), учета количества и качества земель, т.е. - это упорядоченная совокупность сведений о природном, правовом, хозяйственном, экономическом и пространственном положении земельной собственности, которая представлена в виде документов и кадастровых планов или в цифровом виде. Практика ведения земельных кадастров в ряде стран (в частности, в Западной Европе) насчитывает много веков, исторически восходя к системе государственного учёта земель в Древнем Риме [10].

Кадастры полезных ископаемых включают подробные сведения о месторождениях и проявлениях минеральных ресурсов: местоположение, геологическое строение, запасы, условия залегания, качество, степень детальности изучения [10].

Водный кадастр — это свод систематизированных данных о водных объектах, водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях [6]. Он содержит сведения о ресурсах поверхностных вод: уровневый режим водоёмов и объёмы стока разной обеспеченности, внутри- и межгодовая динамика стока, химический состав и мутность, ледовые явления [10].

Лесной кадастр — свод данных о лесах, степени их вовлечения в эксплуатацию, качественном составе, запасах древесины, ежегодного ее прироста и т.д. [6]. Он содержит сведения о делении лесных массивов на кварталы и делянки, возрастном и породном составе, продуктивности лесных участков, качестве древесины, лесохозяйственных работах и времени их проведения (посадки, рубки ухода, рубки главного пользования) [10].

Другие виды кадастров (климатические, почвенные, флористические, рекреационные, ландшафтные, эколого-экономические) находятся в стадии теоретической и экспериментальной проработки [10]. В последнее время в связи с обострением экологической ситуации возникла необходимость учета размещения отходов по составу и степени

токсичности, а также регистрации загрязнителей окружающей среды [6].

Лицензия, договор и лимиты на природопользование. Порядок пользования природной средой и природными ресурсами основывается на принципах охраны природной среды и неистощимости использования природных ресурсов, создания нормальных экологических и экономических условий для ныне живущих и будущих поколений, обеспечения приоритетных направлений природопользования, учета и контроля за окружающей средой. Эффективными средствами охраны окружающей среды и рационального природопользования служат такие экономические рычаги, как лицензия, договор и лимиты.

Лицензия (разрешение) на комплексное природопользование - это документ, удостоверяющий право его владельца на использование в фиксированный период времени природного ресурса (земель, вод, недр и др.), а также на размещение отходов, выбросы и сбросы.

В лицензию на комплексное природопользование включают:

- перечень используемых природных ресурсов, лимиты и нормативы их расхода и изъятия;
- нормативные платы на охрану и воспроизводство природных ресурсов;
- перечень, нормативы и лимиты выбросов (сбросов) загрязняющих веществ и размещение отходов;
- нормативы платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов;
- экологические требования и ограничения, при которых допускается хозяйственная или иная деятельность.

Лицензия на комплексное природопользование выдается органами Минприроды России сроком на один год, но в ряде случаев право пользования ею может быть досрочно прекращено, если возникает угроза экологической безопасности населения.

Принципы неистощимости природных ресурсов и охраны природной среды могут быть соблюдены лишь при комплексном природопользовании, т.е. в тех случаях, когда использование одного ресурса не оказывает вредного воздействия на другие ресурсы. Поэтому, получив лицензию и пройдя соответствующую экспертизу на предполагаемую деятельность, природопользователь должен заключить договор о комплексном природопользовании [6]. Договор предусматривает условия и порядок использования природных ресурсов, права и обязанности

природопользователя, размеры платежей за пользование природными ресурсами, ответственность сторон и возмещение вреда.

Составной частью экономического механизма охраны окружающей среды является также лимитирование природопользования. Лимиты на природопользование – это предельные объемы природных ресурсов, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, размещения отходов производства, которые устанавливаются для предприятий-природопользователей на определённый срок. Так, например, устанавливают лимиты потребления вод промышленного пользования, нормы отвода земель для автомобильных дорог, лимиты по отлову животных, расчетную лесосеку и т.д. За сверхнормативное потребление природных ресурсов предусматривается дополнительная плата [6].

Общая характеристика экономических методов регулирования природопользования. В России долгое время проблему ООС пытались решить путем административно-командных методов воздействия, основу которых составляли запреты и ограничения, меры административного и уголовного наказания [2]. Во многих развитых странах сформирован эффективный экономический механизм природопользования, в основу которого положен принцип «Предотвратить загрязнение выгоднее, чем ликвидировать его последствия». В России формирование экономического механизма природопользования началось во второй половине прошлого века. Однако до сих пор из-за неадекватной экономической оценки природных ресурсов, низких ставок платежей за загрязнение окружающей среды, слабого развития методов стимулирования рационального природопользования и охраны природы этот механизм не дал ожидаемых результатов.

В настоящее время в России используются следующие экономические методы регулирования охраны природы и природопользования:

- плата за пользование природными ресурсами;
- плата за загрязнение окружающей природной среды;
- система экономического стимулирования рационального природопользования;
- экологическое страхование;
- финансирование и планирование природоохранной деятельности.

Плата за пользование природными ресурсами. На практике она стала применяться еще в бывшем СССР (была введена плата за забор воды, за пользование лесом, за геолого-разведочные работы) [2].

Платежи за пользование природными ресурсами направлены на выполнение следующих функций:

- 1) стимулирование экономного использования природных ресурсов и энергии природопользователями;
- 2) снижение количества отходов производства и потребления;
- 3) стимулирование работ по воспроизводству ряда природных ресурсов;
- 4) аккумуляция средств, направленных на охрану и воспроизводство природных ресурсов.

Плата за пользование природными ресурсами должна строиться на следующих принципах:

- плата за лучший ресурс должна быть выше, чем за худший по качеству;
- величина платы должна быть такой, чтобы стимулировать снижение ресурсоемкости предприятий;
- размер платы должен быть установлен с учетом конъюнктуры рынка (спроса и предложения), с учетом региональных особенностей и межотраслевых связей;
- неиспользуемые ресурсы должны иметь потенциальную оценку, которая должна корректироваться со временем;
- не должно наблюдаться переноса бремени платежей на потребителей.

В настоящее время выделяют следующие группы природно-ресурсных платежей в зависимости от объекта обложения:

- плата за пользование недрами,
- плата за землю,
- плата за пользование водными объектами,
- плата за пользование лесным фондом,
- плата за пользование объектами животного мира.

В структуре платежей за природные ресурсы в РФ преобладают именно платежи за пользование недрами.

В настоящее время действует следующая *система платежей за недра* [2].

1. Платежи за право пользования недрами, которые включают в себя три группы платежей:

- платежи за право добычи полезных ископаемых;
- платежи за право использовать отходы горнодобывающих и перерабатывающих производств;
- платежи за право строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

2. Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы (на геолого-разведочные работы); эти отчисления производятся от стоимости товарной продукции из добытых предприятиями полезных ископаемых.

3. Акцизный сбор по отдельным видам добываемого сырья осуществляется по тем видам сырья, которое добывается из месторождений с относительно лучшими горно-геологическими и экономико-географическими характеристиками, при получении пользователями недр сверхнормативной прибыли.

4. Отчисления в фонд ценового регулирования Минфина России при поставках нефти и природного газа; эти отчисления производят все предприятия и организации, реализующие нефть и газ непосредственно потребителям или передающие их без оплаты взамен на другую продукцию.

5. Сбор за выдачу лицензий за право пользования недрами; размер этих сборов определяется Комитетом России по геологии и использованию недр по согласованию с Минфином, исходя из расходов на экспертизу заявок на получение лицензий, организацию аукционов и др.

6. Платежи за право пользования акваторией и участками морского дна.

Наибольшее значение в рассматриваемой системе имеют регулярные платежи за пользование недрами, которые взимаются только в денежной форме.

Второе место в структуре платежей за природные ресурсы в целом по РФ занимает плата за землю, на долю которой приходится 20 % суммы всех природно-ресурсных платежей [2].

Основными формами платы за землю являются:

- арендная плата,
- земельный налог,
- нормативная цена земли.

В соответствии с Бюджетной классификацией РФ, выделяются следующие *виды земельного налога*:

- за земли сельскохозяйственного назначения,

- за земли городов и поселков,
- за другие земли несельскохозяйственного назначения.

Отнесение земель к той или иной категории и перевод из одной категории в другую, в связи с изменением целевого назначения производится местными органами власти в соответствии с их компетенцией. Налог на земельные участки, превышающие по площади установленные нормы отвода, взимается в двукратном размере. Контроль за правильностью расчетов земельного налога не входит в компетенцию государственных органов природно-ресурсного блока, а осуществляется налоговыми службами.

Нормативная цена земли используется при передаче земли в собственность, передаче ее по наследству, дарении, получении банковского кредита под залог земли и в некоторых других случаях.

Платежи за пользование водными объектами в целом по РФ составляют около 10 % суммы всех природно-ресурсных платежей. Минимальные и максимальные ставки платы в пределах, установленных Законом, дифференцированы и утверждены по бассейнам рек, озёрам, морям и экономическим районам. Сущность водного налога состоит в изъятии у природопользователей части экономического эффекта, получаемого ими в результате пользования водными объектами. Плата не взимается за подземные воды, которые извлекаются из недр попутно с полезными ископаемыми и в ряде других случаев.

Экономическая значимость платежей за пользование лесным фондом незначительна (в целом по России около 1 % общей суммы природно-ресурсных платежей) [2]. Эти платежи взимаются в виде лесных податей или арендной платы.

Плата за пользование объектами животного мира взимается при изъятии животных из среды обитания и производится строго по лицензиям. При осуществлении мер по регулированию численности отдельных объектов животного мира, представляющих угрозу для здоровья и жизни людей, сельскохозяйственных и других видов животных, а также в целях предотвращения нанесения ущерба народному хозяйству, изъятие соответствующих объектов животного мира может осуществляться бесплатно.

Несмотря на наличие достаточно большого количества природно-ресурсных налогов и платежей, поступления от них в бюджеты и государственные внебюджетные фонды незначительны и составляют 3-4 %, в том числе в федеральный бюджет не более 1 %.

Платежи за загрязнение окружающей среды. Важным элементом в системе экономического механизма природопользования являются платежи за загрязнение окружающей среды. Россия - одна из первых стран в мире, где введены такие платежи (январь 1991 г.). В основу исчисления этих платежей положена система базовых нормативов платы.

Заключение

Основной причиной экологического кризиса является отсутствие знаний о законах существования биосферы, а так же нежелание считаться с этими законами [2]. У большей части населения планеты сформировано мировоззрение потребителей: «Природа дает – мы берем». Принцип «человеческой исключительности» прочно укоренился в наших умах. Широко распространенный тип экологического сознания, базирующийся на «исключительности человека», получил название антропоцентрического. Основными положения *антропоцентризма* являются:

- высшую ценность представляет человек: лишь он самоценен, все остальное в природе ценно лишь постольку, поскольку оно может быть полезно человеку; природа является собственностью человечества;

- иерархическая картина мира: на вершине природы стоит человек, несколько ниже - вещи, созданные человеком и для человека, еще ниже располагаются природные объекты;

- целью взаимодействия человека с природой является удовлетворение тех или иных прагматических потребностей;

- характер взаимодействия с природой определяется своего рода «прагматическим императивом», т. е. правильно и разрешено то, что полезно человеку;

- этические нормы и правила действуют только в мире людей и не распространяются на взаимодействие с миром природы;

- дальнейшее развитие природы мыслится как процесс, который должен быть подчинен процессу развития человека.

Следует отметить, что практически на всех этапах развития человеческой цивилизации передовыми учеными подчеркивалась опасность развития и господства антропоцентризма. Например, К. Маркс писал: «Человеческие проекты, не считающиеся с великими законами природы, приносят только несчастье» [2].

Стратегия преодоления экологического кризиса должна опираться не только на научно-техническую и правовую составляющие [2]. Проблема сложна и многогранна, решать ее надо всему человечеству комплексно, начиная с семьи, образовательных учреждений, заканчивая наукой, государственными и общественными структурами. Необходимо сформировать население с эгоцентричным мировоззрением. Выделяют следующие характеристики *эгоцентризма*:

- высшую ценность представляет гармоничное развитие человека и природы: человек является не собственником природы, а ее составной частью;

- целью взаимодействия с природой является максимальное удовлетворение, как потребностей человека, так и потребностей всего природного сообщества;

- характер взаимодействия с природой определяется своего рода «экологическим императивом»: правильными являются только те действия и поступки, которые не нарушат природное равновесие;

- этические правила и нормы равным образом распространяются как на взаимодействие между людьми, так и на взаимодействие с миром природы;

- развитие природы и человека мыслится как процесс коэволюции, взаимовыгодного единства.

Сформировать человека с новым типом мировоззрения можно, только реализуя грамотную политику в области экологического образования и просвещения. *Экологическое образование и воспитание* представляют собой целенаправленно организованный, планомерно и систематически осуществляемый процесс овладения экологическими знаниями, умениями и навыками, направленный на формирование активной природоохранной позиции. В России создан Межведомственный совет по экологическому образованию [2]. Высшей стадией экологизации сознания является *экологическая культура*, под которой понимают весь комплекс навыков бытия в контакте с окружающей природной средой [2]. Сохранение Земли требует участия каждого из нас. Оглянитесь вокруг, проанализируйте, что происходит в окружающей Вас среде. Посмотрите на окружающие Вас вещи другими глазами. Станьте экологически информированными. Совершенно не обязательно приобретать всем без исключения профессию эколога, но знакомиться с информацией экологического характера необходимо. Постарайтесь снизить количество образующихся отходов.

Словарь-справочник некоторых терминов

Абиогенный – abiogenic – процесс, фактор, объект и т.д., происхождение которого не связано с организмами [4]

Азотная кислота – HNO_3 , молекулярная масса 63,016, бесцветная жидкость, сильная одноосновная кислота [18]

Антропогенез – исторический процесс происхождения, возникновения и развития человека; эволюция рода *Homo* [1]

Аральское море. Глубина Аральского моря в 1995 г. составляла 9 м (Русский переплёт: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/723.html>), максимальный уровень воды в 2003 г. - 31 м [10, 19]. Обнаруженное в Казахстане на дне Аральского моря древнее погребение - остатки мавзолея, возведенного около 600 лет назад, по мнению некоторых экспертов, свидетельствует о том, что море высыхало задолго до того, как началось нынешнее его обмеление, и что перепады уровня воды носят циклический характер (Oriental express central asia. <http://www.orexca.com/rus/aralsea.shtml>). Тем не менее, экологи предупреждают: если люди срочно не предпримут достаточных усилий, на месте Аральского моря появится пустыня (Газета «Особый менталитет», №45 (994), 16 ноября 2010, с.16, статья «Исчезающее море»). Согласно одной из гипотез, море образовалось около 10 тысяч лет назад, когда реки Амударья и Сырдарья изменили русла и стали заполнять Туранскую низменность. До середины XX века в Арал ежегодно поступало около 56 км³ воды. С конца 60-х годов сток начал сокращаться ввиду интенсивного полива хлопковых полей, площади которых быстро росли. В итоге в 1988-89 годах море разделилось на два почти изолированных озера: северный Малый Арал, питаемый Сырдарьёй, и южный Большой Арал, питаемый Амударьёй. В 1990 году у экологов сформировалась идея спасения хотябы Малого Арала, воды которого через узкий пролив постоянно вытекали в Большой Арал. В 2007 году правительство Казахстана получило от Всемирного банка 126 миллионов долларов на выполнение второго этапа данного проекта.

Аридизация – процесс обеднения растительного покрова, связанный со стойким уменьшением увлажнения территории, превращением её в аридную зону; опустынивание [1]

Ассимиляция – assimilation – (от лат. assimilatio - слияние, усвоение, синоним – анаболизм) – усвоение организмом поступающих из окружающей среды веществ в процессе роста и развития, их уподобление веществам организма [1, 4]

Аэрополлютант – техногенный загрязнитель воздуха [1]

АЭС – ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определённой проектом территории, на которой для осуществления этой цели используются ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом) (ОПБ-88/97) [19]

Биогенные элементы – незаменимые химические элементы, из которых состоит вещество живых организмов, - углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор, а также минеральные вещества [1]

Биотоп – территория, которую занимает биоценоз [2]

Биоценоз – совокупность совместно обитающих на определённой территории всех живых организмов: растительности, животных и микроорганизмов [2]

Беккерель (Бк) – единица СИ активности радиоактивного вещества, равная 1 распаду в секунду ($1 \text{ Бк} = 1/\text{с}$)

Богарное (от персид. и тадж. - бахор - весна) земледелие – земледелие в аридных и полуаридных районах, на которых выращивание растений ведётся без полива [4]

Бореальные области – северная часть умеренной климатической зоны [6]; лесные зоны Евразии - тайги между $65-70^\circ$ на западе и севернее 50° с. ш. - на востоке и в Северной Америке. Зимы здесь длинные и холодные, с температурой ниже 6°C в течение 6-9 месяцев и коротким летом со средней температурой более 10°C . Осадки (зимой в виде снега) составляют 380-365 мм в год [4].

ВВП – валовой внутренний продукт – наиболее распространённый показатель для измерения экономических итогов деятельности страны. Представляет собой сумму стоимости всей конечной продукции и услуг, произведённых внутри географических границ данной страны, обычно в течение одного календарного года. ВВП включает производство иностранцами в данной стране, но не включает производство её гражданами, работающими за рубежом [4].

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения [15]

Выщелачивание почвы – процесс выноса из почвенного профиля различных растворимых веществ с нисходящими или боковыми токами почвенной влаги [15]

Генофонд – это вся совокупность генов населения (любого биологического вида), обитающего на конкретной исторически сложившейся территории, а значит, и человеческой популяции [6]

Гербициды – ядохимикаты, предназначенные для уничтожения сорняков, нежелательных растений, которые соревнуются с сельскохозяйственными культурами за получение питательных веществ [2]

Гетеротроф - организмы, потребляющие готовое органическое вещество других организмов и продуктов их жизнедеятельности [2]

Гидробионты – организмы, обитающие в воде [1]

Глей – термин почвоведов Г.Н. Высоцкого, обозначает горизонт, изменённый биохимическим восстановлением в условиях переувлажнения, наличия органического вещества и микрофлоры, с характерным преобладанием в окраске зеленоватых, голубоватых или синих цветов, обусловленных наличием закисных форм железа (II) [15]

Глюкоза - (от греч. *glykys* — сладкий), виноградный сахар, декстроза; углевод, наиболее часто встречающийся в природе; относится к гексозам, т.е. моносахаридам, содержащим 6 углеродных атомов ($C_6H_{12}O_6$) [18, 20]

Гравиметрия – (от лат. *gravis*-тяжелый и греч. *metreo*-измеряю) (гравиметрический анализ; устаревшее - весовой анализ), совокупность методов количественного анализа, основанных на измерении массы веществ. Применяют для определения практически любых компонентов анализируемого объекта, если только они присутствуют в объекте не в следовых количествах [18]

Градирня (от нем. *gradieren* — сгущать соляной раствор; первоначально градирни служили для добычи соли выпариванием), устройство для охлаждения воды атмосферным воздухом [20]

Гумидные территории – участки земной поверхности, характеризующиеся влажным (т.е. гумидным) климатом [15]

Гумус – совокупность специфических и неспецифических органических веществ почвы (не включает живых организмов и их остатков, не утративших тканевое строение) [15]

ДДТ – дихлордифенилтрихлорметилметан, сильнодействующий инсектицид

Девон – период эры палеозоя зона фанерозой (345-400 млн лет назад) [7]

Дейтерий – ${}^2_1\text{H}$ (или D), тяжёлый изотоп водорода, содержание в природе 0,015 %

Денудация – (от лат. denudatio — обнажение), совокупность процессов разрушения горных пород и перемещения образовавшегося при этом обломочного материала на более низко расположенные участки земной поверхности под влиянием воды, ветра, льда и непосредственно силы тяжести. Денудация ведет к сглаживанию рельефа земной поверхности [4]

Детергенты – смесь чистящих веществ. Ранее термин использовался для обозначения моющих средств — препаратов, применяющихся в водных растворах для отмывания загрязнений с поверхности различных материалов. В состав детергентов обычно входят как основной элемент — тензиды — поверхностно-активные вещества, способствующие отделению частиц грязи и их удалению. В детергенты входят также вещества, снижающие жесткость воды и усиливающие действие тензидов (обычно фосфаты), отбеливатели, ферменты, регуляторы, отдушки и покраски. Тензиды — один из трудноудаляемых загрязнителей поверхностных вод, а фосфаты способствуют эвтрофированию вод. Производство детергентов является одним из наиболее массовых и непрерывно растет. Чистящие средства являются причинами несчастных случаев в быту, особенно с детьми. В ряде стран приняты законы о детергентах и моющих средствах, обеспечивающих их большую экологическую и бытовую безопасность [4]

Детрит – мёртвое органическое вещество, продукты выделения и распада организмов; чаще применяется к растительным остаткам [1]

Дизентерия – (греч. dysentería, от dys — приставка, означающая затруднение, нарушение, и énteron — кишка), острое или хронически рецидивирующее инфекционное заболевание человека, сопровождающееся преимущественным поражением толстого кишечника [20]

Диссимиляция (синоним - катаболизм) – распад сложных органических поступающих веществ в организме, сопровождающийся освобождением энергии, которая используется в процессах жизнедеятельности [1]

Дифтерия – (от греч. *diphthérion* — кожица, плёнка), острое инфекционное заболевание, характеризующееся воспалением с образованием плотных плёнчатых налётов на месте внедрения возбудителя болезни и тяжёлым общим отравлением (интоксикацией) организма [20]

Дихроматы (бихроматы) - образуются при подкислении растворов хроматов, что сопровождается переходом их окраски в оранжевую. Дихромат-анион $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ построен из двух хромкислородных тетраэдров с общей вершиной по атому кислорода [18]

ДНК - Дезоксирибонуклеиновая кислота — макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. Основная роль ДНК в клетках — долговременное хранение информации о структуре РНК и белков.

В клетках эукариотов (например, животных или растений) ДНК находится в ядре клетки в составе хромосом, а также в некоторых клеточных органоидах (митохондриях и пластидах). В клетках прокариотических организмов (бактерий и архей) кольцевая или линейная молекула ДНК, так называемый нуклеоид, прикреплена изнутри к клеточной мембране. У них и у низших эукариот (например, дрожжей) встречаются также небольшие автономные, преимущественно кольцевые молекулы ДНК, называемые плазмидами. Кроме того, одно- или двухцепочечные молекулы ДНК могут образовывать геном ДНК-содержащих вирусов.

С химической точки зрения ДНК — это длинная полимерная молекула, состоящая из повторяющихся блоков — нуклеотидов. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара (дезоксирибозы) и фосфатной группы. Связи между нуклеотидами в цепи образуются за счёт дезоксирибозы и фосфатной группы. В подавляющем большинстве случаев (кроме некоторых вирусов, содержащих одноцепочечную ДНК) макромолекула ДНК состоит из двух цепей, ориентированных азотистыми основаниями друг к другу. Эта двухцепочечная молекула спирализована. В целом структура молекулы ДНК получила название «двойной спирали».

В ДНК встречается четыре вида азотистых оснований (аденин, гуанин, тимин и цитозин).

Изотопы – ядра ${}_Z X^A$ с одинаковым атомным номером Z (числом протонов, электрическим зарядом), отличающиеся значением массового числа A (числом нуклонов, а именно нейтронов, т.е. барионным зарядом); например, изотопы водорода: ${}_1\text{H}^1$, ${}_1\text{H}^2$ (дейтерий), ${}_1\text{H}^3$ (тритий)

Илистая часть почвы – совокупность всех почвенных частиц с эффективным диаметром менее 1 мкм; имеются в виду обломки пород, минералов, которые не связаны между собой органическими или минеральными веществами в агрегаты. Частицы, связанные в агрегаты, перед определением илистой части почв высвобождают из агрегатов, разрушая последние разминанием почвы [15].

Инсектицид - ядохимикаты, предназначенные для уничтожения насекомых, которые являются вредителями сельскохозяйственных культур, переносчиками и возбудителями болезней человека и животных [2]

Кайнозой – эра Фанерозоя 66-0 млн лет назад [7]

Лейкоз (синоним: лейкоemia, белоокровие) — злокачественное заболевание системы крови, характеризующееся разрастанием незрелых клеток кроветворной ткани, которые теряют способность к созреванию. Образовавшиеся клетки вытесняют нормальные в кроветворных органах. Разрастание патологических клеток происходит не только в костном мозге, но и в других тканях и органах, где в норме кроветворения не происходит. В периферическую кровь наряду с нормальными лейкоцитами поступают и незрелые формы. В зависимости от вида клеток, составляющих основу кроветворения, и клеточного уровня, на котором обнаруживается потеря способности к созреванию, лейкозы подразделяют на острые и хронические. (Медицинская энциклопедия. <http://www.medical-enc.ru>)

Мезозой – эра Фанерозоя 230-66 млн лет назад [7]

Мелиорация – улучшение земель для сельскохозяйственного использования [1]

Меристема - образовательная ткань растений, долго сохраняющая способность к делению [15]

Молекулярная масса - сумма масс атомов, входящих в состав данной молекулы; выражается в атомных единицах массы (а.е.м.) [18].

Моль – 1 моль (1 М) – такое количество вещества, в котором содержится столько же структурных элементов, сколько атомов в 12 г изотопа углерода-12. В количестве вещества, равном 1 моль, содержится $6,022 \cdot 10^{23}$ структурных элементов (Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. Е.М. Лейкина. - М.: Мир, 1982. – 520 с., ил.)

Мониторинг - от лат. *monitor* [монитор] – наблюдающий, предостерегающий, напоминающий, надзирающий

ПДК – предельно допустимая концентрация вещества в водной или воздушной среде, почве, продуктах питания; различают среднесуточную – ПДК_{с.с.}, максимальную разовую – ПДК_{м.р.}, рабочей зоны – ПДК_{р.з.} [1].

Палеозой – эра фанерозоя (230-570 млн лет назад) [7]

Пестициды (биоциды) – вещества, способные убивать нежелательные для человека организмы [2]

Рекреация – восстановление сил, здоровья, отдых [1]

Рекультивация – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, на улучшение условий окружающей среды [10]

Рибонуклеиновая кислота (РНК) — одна из трёх основных макромолекул (две другие — ДНК и белки), которые содержатся в клетках всех живых организмов

Так же, как ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), РНК состоит из длинной цепи, в которой каждое звено называется нуклеотидом. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара рибозы и фосфатной группы. Последовательность нуклеотидов позволяет РНК кодировать генетическую информацию. Все клеточные организмы используют РНК (мРНК) для программирования синтеза белков.

Клеточные РНК образуются в ходе процесса, называемого транскрипцией, то есть синтеза РНК на матрице ДНК, осуществляемого специальными ферментами — РНК-полимеразами. Затем матричные РНК (мРНК) принимают участие в процессе, называемом трансляцией. Трансляция — это синтез белка на матрице мРНК при участии рибосом. Другие РНК после транскрипции подвергаются химическим модификациям, и после образования вторичной и третичной структур выполняют функции, зависящие от типа РНК.

Сапропель – (от греч. *sapros* — гнилой и *pelos* — ил, грязь), илистые отложения пресных водоёмов, содержащие большое количество органических веществ (лигнино-гумусовый комплекс, углеводы, битумы и др.) в коллоидальном состоянии. Используют в лечебной (физиотерапевтической) практике для аппликаций, разводных ванн.

В сельском хозяйстве сапропель применяют как удобрение (после проветривания), особенно на кислых и лёгких песчаных и супесчаных почвах (доза под зерновые культуры 30-40 т/га, под овощные, картофель и кормовые корнеплоды 6-70 т/га), для приготовления компостов. Сапропель, богатые солями кальция, железа, фосфора, без примеси песка и бедные глиной, добавляют в рационы сельскохозяйственным животным в качестве минеральной подкормки (свиньям, коровам, курам) [20].

Селитебные зоны – территории сосредоточения жилых домов, административных зданий, объектов культуры, просвещения и т.п. [6]

Семиаридный климат – полупустынный климат [15]

Серная кислота – H_2SO_4 , молекулярная масса 98,082 бесцветная маслянистая жидкость без запаха, очень сильная двухосновная кислота [18].

Солонцы - почвы, формирующиеся в условиях непромывного водного режима при накоплении в почвенном поглощающем комплексе натрия (от 10-15 до 70% ёмкости поглощения), поступающего из почвенного раствора или грунтовых вод (процесс осолонцевания). Профиль солонцов расчленён на почвенные горизонты: А - элювиальный, или гумусовый (мощность от 2-3 до 15-25 см, содержание гумуса от 1-5 до 9-10%); В - иллювиальный, или солонцовый (10-20 см); ВС - переходный (здесь возможно скопление гипса, сульфата натрия и др.); С - материнская порода. Солонцы характеризуются щелочной реакцией, высоким содержанием соды ($NaHCO_3$), особенно в содовых солонцах, вязкостью, липкостью и набуханием во влажном состоянии, сильным уплотнением и твёрдостью - в сухом, столбчатой, призматической или глыбистой структурой иллювиального горизонта, высокой подвижностью коллоидов. Среди солонцов выделяют типы: чернозёмные, каштановые, лугово-чернозёмные, субтропические и др., которые подразделяются на подтипы (солончаковые, типичные, осолоделые, остаточные) и роды (содовые, хлоридно-сульфатные) [20].

Соль Мора – неорганическое соединение, соль закиси железа и аммония двойная серноокислая. Формула: $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

СПИД (ВИЧ) – синдром приобретённого иммунодефицита. Состояние глубочайшего иммунодефицита, развивающееся в результате действия на иммунную систему вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) (Медицинская энциклопедия. <http://medinfo.ru/17/spid/>).

Сукцессия – последовательная смена ценозов, вызванная их несоответствием условиям окружающей среды и ведущая к установлению равновесного соответствия между окружающей средой (биотопом) и совокупностью населяющих её организмов (биоценозом) [7]

Таксон - группа дискретных объектов, связанных той или иной степенью общности свойств и признаков и благодаря этому дающих основание для присвоения им определённой таксономической категории. Выделение таксон (здесь и далее в систематике) может опираться на разные свойства и признаки объектов - на общность происхождения, строения, состава, формы, функций и т. д., но при этом в каждом случае набор признаков и свойств должен быть необходим и достаточен для того, чтобы данный таксон занимал единственное место в системе и не пересекался с другими таксон.

Террикон (отвал) – искусственная насыпь из отвальных грунтов или некондиционных полезных ископаемых, промышленных, коммунально-бытовых отходов (ГОСТ 17.5.1.01-83). Отвалы могут иметь разные формы, часто ими заполняют отрицательные формы рельефа, в том числе и для планировки территории под застройку. Иногда с помощью отвалов наращивают склоны. Отвал пустой породы из шахт на земной поверхности, чаще всего конусовидной формы называют терриконик (синоним - террикон) [4].

Техносфера – «техническая оболочка»; искусственно преобразованное пространство планеты, находящееся под воздействием производственной деятельности человека и её продуктов [1]

Титриметрия (от франц. titre- качество, характеристика и греч. metro- измеряю), совокупность методов количественного анализа, основанных на измерении количества реагента, необходимого для взаимодействия с определяемым компонентом в растворе или газовой фазе в соответствии со стехиометрией химических реакций между ними. Точно известный объем анализируемого раствора с помощью пипетки помещают в коническую колбу и к нему прибавляют небольшими порциями титрант из бюретки (калиброванная стеклянная трубка с клапанным устройством, например красном, на оттянутом конце), тщательно перемешивая раствор в колбе. Эту операцию называют **титрованием** [18].

ТЭС – тепловая электростанция - электростанция, вырабатывающая электрическую энергию за счет преобразования химической энергии топлива в механическую энергию вращения вала электрогенератора [19]

Фанерозой – эон «явной жизни», начало 550-600 млн лет назад [7]

Фунгициды – ядохимикаты, предназначенные для уничтожения нежелательных грибов, которые могут причинить значительный ущерб урожаю [2]

Хемоавтотрофы - организмы, которые получают энергию при окислении минеральных соединений. Хемоавтотрофы обнаружены только среди бактерий, т. е. только среди прокариотных организмов, причем количество их невелико (Академик»: <http://dic.academic.ru>).

ЭВМ – электронно-вычислительные машины

Экспансия – (от лат. *expansio* - распространение, расширение) - территориальное, географическое или иное расширение зоны обитания, или зоны влияния отдельного государства, народа, культуры, или биологического вида [19]

Экологическая система (экосистема) – единый природный комплекс, образованный живым и организмами и средой обитания [6]

Экосфера – планетарное пространство, в котором происходят современные глобальные экологические процессы, взаимодействие между современной биосферой и техносферой, их сумма [1]

ЮНЕП (UNEP) – постоянно действующий орган ООН по окружающей среде со штаб-квартирой в г. Найроби (Кения), утверждён в 1973 г. [1]. Занимается разработкой основ и методов комплексного научного планирования и управления ресурсами биосферы [15].

Справочник по некоторым ученым-экологам

Акимова Татьяна Акимовна – доктор экономических наук, профессор экологического факультета Российского университета дружбы народов, действительный член РАЕН, один из ведущих в стране специалистов по экологической экономике и макроэкологии [1]

Коммонер Барри (род. 28 мая 1917) — американский биолог и эколог. Кандидат в президенты США в 1980 году.

Родился в Бруклине. Окончил университет штата Колумбия со степенью бакалавра. В 1938 получил магистерскую степень, в 1941 — докторскую. Во время Второй мировой войны служил на флоте в звании лейтенанта. После войны переехал в Сент-Луис, где в течение 34 лет преподавал физиологию растений в университете.

В конце пятидесятых приобрёл известность как противник ядерных испытаний. Написал несколько книг об опасности подобных испытаний для экосистемы Земли.

После неудачной попытки баллотироваться в президенты США, Коммонер переехал в Нью-Йорк, где вступил на должность руководителя Центра Биологии и Природных Систем (Center for the Biology of Natural Systems) при Квинз Колидж (Queens college).

Кравцов Юрий Александрович, профессор физического факультета Московского педагогического государственного университета, доктор физико-математических наук. Сотрудник Института космических исследований РАН. Область научных интересов: теория волн, оптика, акустика, радиолокация, нелинейная динамика, статистическая радиофизика и дистанционное зондирование. Автор более 250 научных публикаций, в том числе 11 монографий.

Лезер Х. – известный физико-географ Германии [10]

Моисеев Никита Николаевич (1917-2000) – выдающийся русский учёный, мыслитель, математик с мировым именем, действительный член Российской академии наук, специалист в области системного анализа [1]. Автор книги «Человек и ноосфера» (М.: Молодая гвардия, 1990)

Разумовский Владимир Михайлович - доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтного планирования Санкт-Петербургского государственного университета. Автор монографии «Природопользование» (Спб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. – 292 с).

Реймерс Николай Фёдорович (1931-1993) – доктор биологических наук, профессор, выдающийся эколог, внесший большой вклад в разработку теоретических основ современной экологии [1]. Автор монографии «Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы)» (М.: Россия молодая, 1994. С.367).

Рудский Виктор Валентинович – доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и природопользования Смоленского гуманитарного университета [10]

Соколов Владимир Евгеньевич (1928—1998) — российский и советский биолог, зоолог, академик РАН (1991; академик АН СССР с 1974). Член Президиума Российской академии наук, академик-секретарь Отделения общей биологии РАН. Директор Института проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН.

Систематик живой природы. Исследователь, описавший ряд зоологических таксонов. Для указания авторства, названия этих таксонов сопровождают обозначением «Sokolov» [19].

Стурман Владимир Ицхакович - доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой природопользования и экологического картографирования Удмуртского госуниверситета [10]

Хаскин Владлен Владимирович – доктор биологических наук, специалист в области экологической энергетики [1]

Чарлз Сазерленд Элтон (англ. *Charles Sutherland Elton*) (29 марта 1900, Манчестер, Великобритания — 1 мая 1991, Оксфорд) — известный британский эколог и зоолог, один из основателей популяционной экологии. Член Лондонского королевского общества.

Литература

1. Акимова, Т.А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов [Текст] / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 495 с. – (Серия «Золотой фонд российских учебников»).
2. Байбакова, Е.В. Экология и природопользование: Учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] / Е.В. Байбакова // Учебно-методический комплект по дистанционному образованию. - Казань: ИЭУиП (г.Казань), – 2005. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Одум Ю. Экология. Т.2: В 2-х т. [Текст] / Ю. Одум; Под ред. В. Е. Соколова; Пер.с англ. Б. Я. Виленкина. — Москва: Мир, 1986.— 376с.: ил.
4. Научно-информационный портал Всероссийского института научной и технической информации РАН. Интернет-энциклопедия по экологии [Электронный ресурс]. - <http://science.viniti.ru>.
5. Кравцов, Ю.А. Земля как самоорганизующаяся климато-экологическая система [Электронный ресурс] / Ю.А. Кравцов // Соросовский Образовательный Журнал. 1995. № 1. С. 82-87. (http://www.6hm.eduhmao.ru/var/db/files/3423.9501_082.pdf)
6. Коробкин, В.И. Экология: учебник для вузов [Текст] / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – 12-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 602 с. – (Высшее образование).
7. Храмов, А.С. Основы геофизики и экологии (конспект лекций): учебно-методическое пособие для студентов физического факультета [Текст] / А.С. Храмов – Казань: Физический факультет Казанского государственного университета, 2000. – 97 с.
8. Мухутдинов, А.А. Экология: учебное пособие [Текст] / А.А. Мухутдинов, О.А. Сольяшинова, С.В. Фридланд. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 460 с.
9. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник [Текст] / Н.Ф. Реймерс. — Москва: Мысль, 1990. — 637с.
10. Рудский, В.В. Основы природопользования: учебное пособие для студентов вузов [Текст] / В.В. Рудский, В.И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 271 с.

11. Хефлинг, Г. Тревога в 2000 году: Бомбы замедленного действия на нашей планете [Текст] / Г. Хефлинг. - Пер. с нем. Москва: Мысль, 1990.
12. Торсуев, Н.П. Ресурсоведение: учебник для студентов дневной и заочной форм направления «Экология и природопользование» [Текст] / Н.П. Торсуев. – Казань: КГУ, 2008. – 145 с.
13. Куражковский, Ю.Н. Очерки природопользования [Текст] / Ю.Н. Куражковский // М.: Мысль, 1969.
14. Басаликас, А.Б. Отображение социально-экономических природных факторов в функционально направленной антропогенизации ландшафтов (на примере Литвы) [Текст] / А.Б. Басаликас // Изв. АН СССР. Сер. География. 1977. №1. С. 108-115.
15. Садовникова, Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: учеб. [Текст] / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 334 с.
16. Ковда, В.А. Почвенный покров, его улучшение использования и охрана [Текст] / В.А. Ковда // М.: Наука, 1981.
17. КонсультантПлюс: Высшая школа: Учебное пособие. Выпуск 12 (к осеннему семестру 2009 года) [Электронный ресурс]. –1 электрон. опт. диск (DVD) : зв., цв. ; 12 см. – Систем. требования: Windows ME / NT4 / 2000 / XP / Vista; DVD ROM. – Загл. с экрана.
18. Сайт о химии XuMuK.ru [Электронный ресурс]. - <http://www.xumuk.ru/encyklopedia>.
19. Сайт «Википедия – Свободная энциклопедия»: <http://ru.wikipedia.org>
20. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс]. - <http://bse.sci-lib.com/>

Дополнительная литература

21. Экологическое право [Текст]: учебник / Под ред. д.ю.н., проф., засл. деят. науки РФ С.А. Боголюбова. – М.: Проспект, 2009. – 400 с.; Библиогр.: с. 378–384. – 3000 экз. - ISBN 978-5-392-00492-8.
22. Анисимов, А.П. Экологическое право России [Текст]: учебник / А.П. Анисимов, А.Я. Рыженков, А.Е. Черноморец. – М.: Высшее образование, Юрайт-Издат, 2009. – 504 с. – (Основы наук). – 1500 экз. - ISBN 978-5-9692-0420-1.