

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

ФАКУЛЬТЕТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ (ФДО)

Е. Г. Незнамова

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Томск
2021

УДК 504(075.8)

ББК 28.080я73

Н 446

Рецензенты:

Н. Н. Терещенко, д-р биол. наук, главный научный сотрудник
СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН;

Г. В. Панина, канд. мед. наук, доцент кафедры РЭТЭМ ТУСУР

Незнамова Е. Г.

Н 446 Экология : учебное пособие / Е. Г. Незнамова. – Томск : Эль Кон-
тент, 2021. – 182 с.

ISBN 978-5-4332-0294-8

В учебном пособии освещены вопросы взаимодействия природы и общества. В первой части рассматриваются закономерности существования живых организмов в биосистемах разного ранга. Вторая часть отражает проблему загрязнения окружающей среды в процессе хозяйственной деятельности человека, а также способность живых организмов и природных объектов противостоять этой угрозе. В третьей части рассматриваются экологические аспекты урбанизированных и агропромышленных территорий, основные направления и процессы, призванные обеспечить охрану окружающей среды от экологических катастроф.

Для студентов факультета дистанционного обучения ТУСУР.

ISBN 978-5-4332-0294-8

© Незнамова Е. Г., 2021

© Оформление.

Эль Контент, 2021

Оглавление

Введение	5
Раздел I Основные закономерности функционирования экосистем.....	9
1 Учение об экологических факторах	10
1.1 Понятие экологического фактора.....	10
1.2 Классификации экологических факторов.....	12
1.3 Универсальные закономерности воздействия экологических факторов на организмы	26
1.4 Влияние загрязняющих веществ на организм человека	30
2 Экосистемы и их свойства.....	33
2.1 Определение экосистемы	33
2.2 Классификация экосистем.....	34
2.3 Источники энергии в экосистемах	35
2.4 Состав экосистемы	35
2.5 Продуктивность экосистем	46
2.6 Динамика экосистем	48
2.7 Устойчивость экосистемы.....	52
3 Основные положения учения о биосфере.....	59
3.1 Учение В. И. Вернадского о биосфере.....	59
3.2 Некоторые сведения о строении биосферы.....	62
3.3 Ноосфера – новый этап эволюции биосферы.....	67
Раздел II Загрязнение компонентов биосферы	72
4 Основные характеристики загрязняющих веществ	73
4.1 Основные группы загрязняющих и потенциально токсичных веществ и источники их поступления	73
4.2 Влияние антропогенного загрязнения на компоненты биосферы	76
4.3 Приоритетные загрязняющие вещества и их характеристики	83
5 Возможности биосистем для поддержания устойчивости в условиях загрязнения.....	91
5.1 Возможности самоочищения экосистем.....	91
5.2 Взаимодействие токсиканта и организма	99
Раздел III Воздействие антропогенного фактора на экосистемы и меры их защиты	105
6 Экологические аспекты функционирования урбанизированных территорий.....	106

6.1 Краткая характеристика урбанизации.....	106
6.2 Климатические условия города	107
6.3 Функциональное зонирование территорий города.....	108
6.4 Шум и городская среда.....	115
6.5 Изучение воздействия электромагнитных излучений на живые организмы	119
7 Экологические проблемы агропромышленных экосистем.....	124
7.1 Показатели плодородия почвы и виды почвенной эрозии	124
7.2 Проблема вторичного засоления почв	134
7.3 Меры предотвращения эрозии почв.....	135
8 Защита биосферы, социально-ориентированные направления деятельности человечества	142
8.1 Основные направления охраны окружающей среды	142
8.2 Деятельность по охране природных экосистем	143
8.3 Правовое регулирование природопользования	147
8.4 Экозащитные процессы и технологии как способ снижения воздействия техногенных объектов на состояние прилегающих территорий	153
8.5 Органическое земледелие – экологичная тенденция в сельском хозяйстве.....	158
Литература.....	163
Глоссарий.....	170

Введение

В XXI в. термин «экология» употребляется часто, но вряд ли можно считать, что все понимают под ним одно и то же. Под этим термином подразумевают, например, строительство очистных сооружений, планирование землепользования, вторичную переработку отходов или выращивание овощных культур на одних лишь органических удобрениях. В бытовом аспекте под словом «экология» люди понимают характеристику состояния окружающей среды. Словосочетание «плохая экология» сопровождается комментариями о здоровье, качестве воздуха, визуальных характеристиках среды. Неспециалисты интуитивно поняли, что такое экологический минимум. Это значит дышать чистым воздухом, пить чистую воду, есть пищу без нитратов, смотреть на красивые пейзажи природной и городской среды.

Однако, увлекшись решением конкретных вопросов охраны окружающей среды, следует осознавать, что без знания законов существования и развития природы все усилия направляются на борьбу со следствиями, а не с причиной, породившей конфликт человека и природы.

Термин «экология» переводится с греческого следующим образом: «ойкос» – дом, убежище и «логос» – наука. Таким образом, экология – это наука о доме, имя которому – Земля.

Термин «экология» в 1866 г. ввел в научный обиход немецкий зоолог Эрнст Геккель, последователь Чарльза Дарвина. В своем труде «Всеобщая морфология организмов» он писал: «Под экологией мы понимаем ... изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой как органической, так и неорганической, и прежде всего – его дружественных или враждебных отношений с теми животными или растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология – это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин называет *условиями, порождающими борьбу за существование*».

Но сейчас понятие «экология» уже далеко вышло за рамки того, что вкладывалось в него Э. Геккелем и что указывается в справочниках и энциклопедиях. Теперь это уже самостоятельная наука об окружающей среде (с точки зрения ее взаимодействий с живыми организмами, и прежде всего с людьми). Ее «питает» не только биология, но и почти все науки о Земле – метеорология, гидрология, океанология, климатология, география, геология с необходимыми для них

физико-математическими и химическими методами, а также социология, психология и экономика. Такого расширения содержания экологии и смещения в нем акцентов потребовал стремительный количественный рост человечества, обеспечение его потребностей, которые зачастую, при современном уровне развития цивилизации, требуют для своего удовлетворения меньших ресурсов, нежели реально затрачивается.

Осознание опасности, угрожающей нашей планете, признание побочных эффектов воздействия неразумной хозяйственной деятельности на окружающую среду произошло примерно в 1960-х гг. Позднее экологические катастрофы, такие как Чернобыль или Арал, подтвердили эти опасения наглядно.

Главенствующий в начале становления науки экологии биоцентрический подход сменился первенством антропоцентрического. И если вначале основное внимание было направлено на изучение законов развития природных экосистем, согласно концепции биоцентрического подхода, то сейчас в центре внимания аспекты функционирования полуприродных, урбанизированных и техногенных экосистем как основной среды обитания современного человечества. В настоящее время большое внимание уделяется распространению загрязняющих веществ и их влиянию на здоровье человека. Это основная характеристика антропоцентрического подхода.

Привнесение в практическую деятельность экологических норм, ограничений на различные виды хозяйственной деятельности обусловило необходимость повышения экологической грамотности населения. Кроме того, повседневные привычки и образ мыслей, оказывается, способны отразиться на экологическом благополучии общества. Обращение с огнем в лесу и во дворе, с мусорными отходами и батарейками в жилищах, соблюдение правил автопарковок и перемещения по газонным пространствам – все это не только способствует сохранению чистоты воздушной среды, но и психологическому комфорту человека, что является важным аспектом его жизнедеятельности.

Экологическое образование, призванное сформировать экологически ориентированное мировоззрение человека, в последние годы оформилось в самостоятельную сферу деятельности в области образовательных услуг.

Необходимо отметить, что несмотря на вышеперечисленные изменения остался прежним генеральный постулат экологии как науки. Это изучение взаимосвязей: связей человека с остальными компонентами окружающей среды; связей этих компонентов между собой; связей планеты Земля с компонентами косми-

ческого пространства, если речь идет о глобальной экосистеме планеты – биосфере. Прогрессивное человечество беспокоит будущее Земли, поэтому законы развития экосистем также являются предметом внимания ученых и базой для прогнозирования дальнейшей судьбы человечества.

Таким образом, развитие современной экологии связано с решением следующих задач, курируемым как биоцентрическим, так и антропоцентрическим подходом:

1. Исследование закономерностей организации и функционирования живых объектов во взаимосвязи, в том числе в связи с антропогенными воздействиями на природные системы и биосферу в целом.
2. Создание научной основы эксплуатации биологических ресурсов, прогноз изменений природы под влиянием деятельности человека и управления процессами, протекающими в биосфере, сохранение среды обитания человека.
3. Разработка системы мероприятий, обеспечивающих минимум применения химических средств борьбы с вредными видами.
4. Регуляция численности живых организмов.
5. Экологическая индикация при определении свойств тех или иных элементов ландшафта, в том числе индикация состояния и загрязнения природных сред.

Все они направлены на решение основных экологических проблем человечества.

Обобщив вышеперечисленные задачи, можно выделить следующие группы экологических проблем:

1. Обеднение видового разнообразия и содержащегося в нем генетического фонда биосферы.
2. Истощение запасов природных ресурсов, обеспечивающих жизнедеятельность человека на Земле.
3. Обеспечение качественными продовольственными продуктами и чистой водой растущего населения планеты.
4. Ухудшение качества среды обитания популяций живых организмов и человека как биологических видов [1].

Соглашения, принятые в учебном пособии

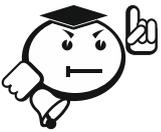
Для улучшения восприятия материала в данном учебном пособии используются пиктограммы и специальное выделение важной информации.



.....
 Эта пиктограмма означает определение или новое понятие.



.....
 Эта пиктограмма означает «Внимание!». Здесь выделена важная информация, требующая акцента на ней. Автор может поделиться с читателем опытом, чтобы помочь избежать некоторых ошибок.



.....
 В блоке «На заметку» автор может указать дополнительные сведения или другой взгляд на изучаемый предмет, чтобы помочь читателю лучше понять основные идеи.



.....
 Эта пиктограмма означает теорему.



.....
 Пример

Эта пиктограмма означает пример. В данном блоке автор может привести практический пример для пояснения и разбора основных моментов, отраженных в теоретическом материале.



.....
 Выводы

Эта пиктограмма означает выводы. Здесь автор подводит итоги, обобщает изложенный материал или проводит анализ.



.....
 Контрольные вопросы по главе

Раздел I
Основные закономерности
функционирования экосистем

1 Учение об экологических факторах

Понятие экологического фактора. Классификации экологических факторов. Универсальные закономерности воздействия экологических факторов на организмы. Влияние загрязняющих веществ как экологических факторов на организм человека.

1.1 Понятие экологического фактора

Многие могут вспомнить ситуации в жизни, когда какое-либо событие, планируемые дела или состояние здоровья зависели от внешних, часто неконтролируемых факторов, например, плохое самочувствие связывали с изменениями погоды, сильные снегопады ограничивали движение транспорта. Если снегопады или торнадо происходили, например, в Японии, жители других регионов узнавали об этом из новостей и на их состоянии или планах это редко отражалось. Но если человеку приходилось оказываться в центре событий, это явление становилось, по крайней мере на данный период, основным фактором, определяющим его образ жизни, а в ряде случаев и саму жизнь.

Рассматриваемый в этой ситуации человек (организм) находится в зависимости от явлений, состояний параметров своего окружения – того, что можно назвать состоянием окружающей среды. Взаимодействие может быть и опосредованным: неприятные впечатления через информационные каналы, аэропорт вылета занесен снегом – и непосредственным: снег завалил дверь и тропинку к ближайшему магазину.

Все эти явления, влекущие события, называются факторами.

Важные для жизни организма компоненты окружающей среды, с которыми он прямо или косвенно сталкивается, называются экологическими факторами.

В общем случае фактор – это движущая сила какого-либо процесса или влияющее на организм условие. Необходимо учитывать, что условия окружающей среды по своей значимости могут отличаться для каждого организма в отдельности. Например, пробегающий в лесу заяц для грибника – повод для эмоций, а вот для волка – это пищевой ресурс. Опять же наличие волка в лесу представляет примерно одинаковую опасность как для зайца, так и для грибника.

Окружающая среда характеризуется огромным разнообразием экологических факторов, под воздействием которых в течение всей своей жизни находится

организм. Определение окружающей среды можно дать через понятие экологического фактора.



.....
Окружающая среда – это фактически набор воздействующих на организм экологических факторов.

Попробуем определить основные признаки, по которым можно выделить экологический фактор.

Первым признаком экологического фактора является его *неделимость*. Если попробовать принять за экологический фактор глубину водоема, выяснить, что различная глубина характеризуется разной освещенностью, давлением, соленостью, направлением и скоростью течения. Эти параметры разделить далее невозможно, в отличие от введенного изначально понятия глубины. Вот именно они – неделимые компоненты – и считаются экологическими факторами.

Вторым значимым признаком этого понятия будем считать то, что *действие экологического фактора может быть не прямым, а опосредованным*. В этом случае фактор воздействует через многочисленные причинно-следственные связи. Пример опосредованного воздействия экологического фактора – птичий базар (сообщества прибрежных скал, например, в высоких широтах), где наблюдается колоссальное скопление птиц на скалистых территориях, внешне мало пригодных для жизни.

Какие же факторы определяют столь высокую плотность птичьих сообществ? Основную роль в данном случае играют биогенные вещества: помет птиц падает в воду; органика в воде минерализуется бактериями, в связи с чем в данном месте концентрируются водоросли. Это в свою очередь ведет к повышению концентрации планктонных организмов, в основном ракообразных. Последними питаются рыбы, а ими – птицы, населяющие базары. Таким образом, птичий помет выступает здесь в роли экологического фактора. Как элемент среды он неразделим, но действует не прямо, а через сложную систему взаимодействия различных экологических факторов [2].

Какими бы разными по природе ни были экологические факторы, результаты их действия экологически сравнимы, поскольку они всегда выражаются в изменении жизнедеятельности организмов, что в конечном итоге приводит к изменению численности популяции.

1.2 Классификации экологических факторов

Классификации экологических факторов различаются в зависимости от происхождения фактора и реакции на них организма:

- по природе происхождения экологического фактора;
- по природе реакции организмов на проявления факторов;
- по характеру воздействия фактора на организм.

По природе происхождения экологического фактора выделяют факторы абиотической, биотической и антропогенной природы.



.....
Абиотические факторы – это свойства неживой природы, влияющие на живые организмы прямо или опосредованно.

К абиотическим факторам относятся составляющие климата, эдафические (характеристики почвы), орографические (рельеф местности) и другие физические и химические факторы. Физическими факторами являются, например, температура, электромагнитные поля, движение воздуха или воды, к химическим факторам относится концентрация различных веществ в воздухе, воде, почве.

Абиотическими факторами также являются стихийные явления: наводнения, сход селевых потоков или снежных лавин, извержения вулканов, пожары.

Абиотические факторы делят на несколько групп:

- климатические факторы* – это все факторы, которые формируют климат и способны влиять на жизнь организмов (свет, температура, влажность, атмосферное давление, скорость ветра и т. д.);
- эдафические, или почвенные, факторы* – это свойства почвы, которые оказывают влияние на жизнь организмов. Они в свою очередь разделяются на физические (механический состав, комковатость, капиллярность, скважность, воздухо- и влагопроницаемость, воздухо- и влагоемкость, плотность, цвет и т. д.) и химические (кислотность, минеральный состав, содержание гумуса) свойства почвы;
- орографические факторы, или факторы рельефа*, – это влияние характера и специфики рельефа на жизнь организмов (высота местности над уровнем моря, широта местности по отношению к экватору, крутизна местности – это угол наклона местности к горизонту, экспозиции местности – это положение местности по отношению к сторонам света);
- гидрофизические факторы* – это влияние воды во всех состояниях (жидкое, твердое, газообразное) и физических факторов среды (шум,

вибрация, гравитация, магнитное, электромагнитное и ионизирующее излучения) на жизнь организмов.

Среди абиотических факторов выделяются природные, или естественные, и искусственные. Как о полностью естественном факторе можно говорить о солнечной активности, т. к. невозможно внести антропогенную составляющую в это явление.

Природа искусственных факторов обусловлена воздействием человека. Такой классический фактор, как температура, в большей степени относится к природным явлениям, но в производственном цехе, связанном с использованием высокотемпературных технологий, это будет в основном антропогенный фактор.

Живые организмы имеют эволюционно сформированные приспособления к воздействию абиотических факторов: анатомо-морфологические характеристики, определяющие внешний облик и физиологические особенности организма, или особенности поведения (этологический аспект). Например, переживание неблагоприятных условий в спячке млекопитающими или осенние перелеты птиц.

Если представить анатомо-морфологические адаптации на примере приспособлений растений к водному режиму, то по отношению к любому абиотическому фактору организмы принято делить на экологические группы, в названии которых отражено предпочтение организма к условиям среды обитания: гигрофиты, ксерофиты, мезофиты и т. д.

Гигрофиты – растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы. Их объединяет отсутствие приспособлений, ограничивающих расход воды, и неспособность выносить даже незначительную ее потерю или понижение влажности воздуха. Это травянистые растения и эпифиты влажных тропических лесов, растения околоводных пространств. Характерные морфологические характеристики гигрофитов – тонкие нежные листовые пластинки с небольшим числом устьиц – отверстий для воздухо- и газообмена, не имеющие толстой кожицы – кутикулы, рыхлое сложение тканей листа с крупными межклетниками, слабое развитие водопроводящей ткани, тонкие слаборазветвленные корни.

Для ксерофитов – растений, обитающих в засушливых местах, – большое значение имеют приспособления, адаптирующие растение к условиям недостатка влаги. Корневые системы у них обычно сильно развиты, что помогает растениям увеличить поглощение почвенной влаги. У многих травянистых и кустарниковых видов среднеазиатских пустынь масса корневой системы больше

надземной в 9–10 раз, а у ксерофитов памирских высокогорных холодных пустынь – в 300–400 раз.

У растений сильно развита водопроводящая система, что хорошо заметно по густоте сети жилок в листьях, подводящих воду к тканям, это качество облегчает ксерофитам пополнение запасов влаги, расходуемой на транспирацию (испарение воды листовой поверхностью). Кроме того, характерно общее сокращение транспирирующей поверхности. Многие ксерофиты имеют мелкие, узкие листовые пластинки. В особо засушливых пустынных местообитаниях листья некоторых древесных и кустарниковых пород редуцированы до едва заметных чешуек. У таких видов фотосинтез осуществляют зеленые ветви.

Интересным является уменьшение листовой поверхности в наиболее жаркие и сухие периоды вегетационного сезона. Для многих кустарников среднеазиатских, североафриканских пустынь, а также для некоторых видов сухих субтропиков средиземноморья характерен сезонный диморфизм листьев: ранней весной при еще благоприятном водном режиме образуются относительно крупные листья, которые летом, при наступлении жары и сухости, сменяются мелкими листьями более ксероморфного строения с меньшей интенсивностью транспирации. Мощные покровные ткани толстостенного, иногда многослойного эпидермиса (кожицы), часто несущего различные выросты и волоски, образуют густое «войлочное» опушение поверхности листа. У других видов поверхность покрыта водонепроницаемым слоем толстой кутикулы или воскового налета. Устьица у ксерофитов обычно защищены от чрезмерной потери влаги, так как расположены в специальных углублениях в ткани листа, иногда снабженных волосками и прочими дополнительными защитными устройствами. У ковылей и других степных злаков существует интересный механизм защиты устьиц в самые жаркие и сухие часы дня: при больших потерях воды крупные тонкостенные водонесные клетки эпидермиса теряют тургор и лист свертывается в трубку; так устьица оказываются изолированными от окружающего сухого воздуха внутри замкнутой полости, где благодаря транспирации создается повышенная влажность. Во влажную погоду клетки эпидермиса восстанавливают тургор и листовая пластинка вновь разворачивается.

Основные анатомические черты мезофитов – растений, произрастающих в усредненных по влажности условиях, не имеют ярко выраженных черт строения, как у гигрофитов и ксерофитов. Характеристики их корневых систем, строения тканей и проводящих систем занимают промежуточное положение между гигро- и ксерофитами.

Анатомо-морфологические черты гидрофитов (водных растений) существенно отличают их от наземных растений. Характерна редукция механических тканей. Столь же сильно редуцирована и проводящая система. Тонкие нежные листовые пластинки с небольшим числом устьиц, не имеющие толстой кутикулы, рыхлое сложение тканей листа с крупными межклетниками, слабое развитие водопроводящей ткани, тонкие слаборазветвленные корни – все черты строения отражают условия жизни организма в текучей, уплотненной среде с пониженным содержанием кислорода [3, 4].

У животных эволюционные приспособления к низким температурам обуславливают совершенствование шерстного покрова, активный образ жизни или, наоборот, уход в спячку и анабиоз, устройство нор, гнезд и других средств защиты от холода.

Температура определяет уровень активности организмов, влияет на обменные процессы, размножение, развитие, другие стороны их жизнедеятельности. От нее зависит распространение организмов. В зависимости от температуры тела выделяют *пойкилотермные* и *гомойотермные* организмы.



.....

Пойкилотермные организмы – это холоднокровные животные с непостоянной внутренней температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры окружающей среды. К ним относятся все беспозвоночные, а из позвоночных – рыбы, земноводные и пресмыкающиеся.

Гомойотермные организмы – теплокровные животные, температура которых более или менее постоянна и, как правило, не зависит от температуры окружающей среды. К ним относятся млекопитающие и птицы, у которых постоянство температуры связано с более высоким по сравнению с пойкилотермными организмами уровнем обмена веществ. Кроме того, у них существует термоизоляционный слой (оперение, мех, жировой слой).

.....

У разных организмов биологические процессы при оптимальных температурах подчиняются правилу Вант-Гоффа, согласно которому скорость химических реакций возрастает в 2–3 раза при повышении температуры на каждые 10°C. Для растений, как и для животных, важным является общее количество тепла, которое они могут получить из окружающей среды.



.....

Температуры, лежащие выше нижнего порога развития и не выходящие за пределы верхнего, получили название *эффективных температур* [3, 4].

.....

Примеры эволюционно сложившихся адаптаций можно привести в любой группе живых организмов, адаптированных к существованию к любому из абиотических экологических факторов.



.....

Биотические факторы – это проявления взаимодействия живых организмов друг с другом.

.....

Все многообразие биотических связей организмов в сообществах можно разделить на группы: антагонистические и неантагонистические; внутривидовые и межвидовые. Внутривидовые отношения могут быть как антагонистическими – конкуренция, так и неантагонистическими – создание внутривидовых групп с целью заботы о потомстве. Межвидовые отношения также могут относиться к обеим категориям, например, симбиоз и паразитизм.



.....

Антагонистические отношения подразумевают такую форму взаимоотношений между организмами, которая выражается в угнетении, в крайнем случае уничтожении одних организмов другими. К антагонистическим отношениям относят конкуренцию, хищничество, паразитизм, аменсализм, аллелохимические взаимодействия. В неантагонистических отношениях этих проявлений нет.

.....

Конкуренция является ведущей формой борьбы за существование, так как именно в состязании проявляются основные противоречия между организмами, выступающие источником их эволюции. Конкуренция между видами чрезвычайно широко распространена в природе и касается практически всех, поскольку редко какой вид не испытывает хоть небольшого давления со стороны особей иных видов.

Конкуренция вызывается, с одной стороны, одинаковыми биологическими потребностями (пища, условия размножения и т. д.), с другой – одинаковыми возможностями их удовлетворения. У шмеля и белки пищевые интересы различны, им «нечего делить», и поэтому они не вступают в конкуренцию, в то

время как белки активно конкурируют друг с другом за пищу, особенно в условиях ее дефицита. В конкуренции ярко проявляется активная роль организмов в борьбе за жизненные средства.

Внутривидовые отношения проявляются, например, через поведенческие (этологические) факторы. Существует так называемая гипотеза стресса. Частые столкновения животных, происходящие при высокой плотности популяции, приводят к гормональным расстройствам особей и снижению их плодовитости. Известно повышение роста агрессивности особей в условиях повышенной плотности, что также приводит к снижению плодовитости. *Во-первых*, энергия животного в виде агрессии используется на распределение ресурсов и в меньшей степени ее хватает на такой энергоемкий процесс, как размножение. *Во-вторых*, особи с менее агрессивным генотипом вследствие подавленности тоже отстраняются от процессов размножения.

Известно, что животным свойственно территориальное поведение. Здесь имеет место внутривидовая конкуренция в самом ярком ее проявлении. При территориальном поведении плотность особей может быть значительно ниже емкости среды – объемов топических ресурсов, которые может предоставить территория. Для самой популяции значение территориальности заключается в том, что особи, занимающие индивидуальный участок, обычно имеют какие-то этологические, морфологические, физиологические преимущества. Особи, которым не удалось занять индивидуальный участок, часто не вносят никакого вклада в следующее поколение. Таким образом, важным следствием территориальности является, с одной стороны, регуляция численности популяции, а с другой – отбор лучших в гено-фенотипическом отношении особей для продолжения рода.

Во всех случаях факторы, действие которых усиливается при увеличении плотности организмов популяции, снижают рождаемость или повышают смертность, усиливают миграционные процессы. Все эти процессы приводят к увеличению или уменьшению численности популяции – регулируют ее в зависимости от создавшихся условий или степени давления факторов по принципу отрицательной обратной связи [23, 24].

Межвидовая конкуренция – это любое взаимодействие между двумя или более популяциями, которое отрицательно сказывается на их росте и выживании. Независимо от того, что лежит в основе межвидовой конкуренции – использование одних и тех же ресурсов или межвидовые химические взаимодействия, – она может привести либо к взаимному приспособлению видов, либо к вытеснению одного вида другим. Межвидовая конкуренция протекает очень интенсивно,

если виды нуждаются в сходных условиях и относятся к одному систематическому роду. Подобным примером межвидовой конкуренции является история серых и черных крыс. Раньше эти разные виды одного и того же рода соседствовали друг с другом в городах, однако в силу своей лучшей приспособленности серые крысы вытеснили черных, оставив им в качестве среды обитания леса.

Итак, близкородственные организмы, ведущие сходный образ жизни, не обитают в одних и тех же местах, а если они занимают одну и ту же территорию, то потребляют разную пищу, проявляют активность в разное время или обладают какими-то другими признаками, которые позволяют занимать разные экологические ниши, что обеспечивает их сосуществование.



.....
 Совокупность факторов среды (абиотических и биотических), которые необходимы для существования вида, называются экологической нишей.

Экологическая ниша характеризует образ жизни организма, условия его обитания и питания. В отличие от ниши, понятие «местообитание» обозначает территорию, где живет организм, то есть его «адрес». Например, травоядные обитатели степей корова и кенгуру занимают одну экологическую нишу, но имеют различные места обитания. Наоборот, обитатели леса белка и лось, относящиеся также к травоядным животным, занимают разные экологические ниши. В природе не существует двух видов, которые могли бы занимать абсолютно одинаковую экологическую нишу. Экологическая ниша всегда определяет распространение организма и его роль в сообществе (рис. 1.1).

Межвидовую конкуренцию, так же как и внутривидовую, можно разделить на два основных типа – интерференцию и эксплуатацию, хотя в любом конкретном взаимодействии можно выявить элементы и того, и другого типа.

В случае эксплуатационной конкуренции особи взаимодействуют друг с другом косвенно, реагируя на количество ресурса, пониженное вследствие активности конкурентов.

Когда межвидовая конкуренция основана на использовании общего ресурса, то один вид потребляет этот ресурс и уменьшает его количество до такого уровня, при котором скорость роста, размножения или выживаемость другого вида снижается. Другим важным моментом является то, что межвидовая конкуренция (подобно внутривидовой) часто бывает сильно асимметричной, т. е. ее последствия не одинаковы для обоих видов.



Рис. 1.1 – Экологические ниши разных видов синиц, которые определяются местом питания: синица большая – всюду; гаичка болотная – кусты; синица черная – хвойные деревья; синица голубая (лазоревка) – кроны широколиственных деревьев; гаичка буроголовая – береза [5]

Наконец, следует отметить, что конкурирующим за один ресурс особям часто приходится использовать другой лимитированный (ограниченный) ресурс. Установлено, что во взаимодействиях мшанок (колониальные водные беспозвоночные) по типу «обрастания» существует взаимозависимость конкуренции за пространство и за пищу [5, 6]. Когда колония одного вида соприкасается с колонией другого вида, она нарушает структуру течений, которые создаются каждой колонией, и несут к ней частицы пищи; в свою очередь та колония, поступление пищи к которой ограничено, имеет худшие возможности конкурировать за пространство (разрастаться и занимать площадь).

Сходные примеры обнаружены у имеющих корни растений. Если предположить, что «агрессивный» вид внедряется в крону «подавляемого» вида и затеняет его, то угнетенный вид будет страдать от недостатка получаемой солнечной энергии, что приведет к снижению скорости роста его корней, вследствие чего растение будет хуже использовать запасы воды и питательных веществ в почве. Это повлечет за собой снижение скорости роста его корней и листьев. Таким образом, когда конкурируют виды растений, то эффект конкуренции передается от корней к побегам и в обратном направлении [5–8].



Пример

Внешнее мирное сосуществование также может являться примером межвидовой конкуренции. Взаимоотношения некоторых видов растений представляют собой подобный пример. Светолюбивые породы березы и сосны защищают всходы ели, гибнущие на открытых местах от вымерзания. Этот баланс рано или поздно нарушается. Молодые ели смыкаются и подавляют новые всходы пород, нуждающихся в солнце. Таким образом могут происходить смены сукцессионных стадий в сообществах – от лиственного леса к хвойному.

Соседство разных видов скальных поползней – другой яркий пример морфологического и экологического разобщения видов, к которому приводит межвидовая конкуренция биологии. Там, где эти птицы живут рядом друг с другом, их способы добычи пропитания и длина клюва отличаются. В разных областях обитания этого разграничения не наблюдается.

Прямая борьба с биотическими факторами основана на взаимодействиях организмов в сферах добычи пищи и размножения. Соответственно этому она проявляется в двух разновидностях: *трофической* и *репродуктивной*. Прямая трофическая борьба, поскольку она связана с добычей пищи, носит характер ярко выраженных антагонистических отношений, особенно между особями разных видов. Сюда включаются отношения между растениями и их потребителями, хищником и жертвой, паразитом и хозяином, патогенным микробом и макроорганизмом, вирусами и бактериями. Крайнюю форму между особями одного вида антагонизм приобретает в случаях каннибализма.

Не всегда удастся провести четкую грань между конкуренцией и прямой борьбой за пищу. Однако общим критерием такого разделения является то, что при конкуренции организмы борются опосредованно, а прямая борьба заключается в непосредственных столкновениях, как это четко выражается в борьбе между хищником и жертвой. Сказанное относится и ко всем другим разновидностям конкуренции и прямой борьбы.

Основные формы выражения биотического фактора:

1. *Хищничество* – прямые взаимоотношения вида-хищника и вида-жертвы, которые выражаются в отлове и поедании хищником своей жертвы. При этих взаимоотношениях имеют место и косвенные взаимодействия, проявляющиеся в

высвобождении пространства для вида-жертвы в результате изъятия хозяина этого пространства – особи того же вида.

Между видами-хищниками и видами-жертвами эволюционно сформировались связи, обеспечивающие взаимную регуляцию их численностей. Известно, что чрезмерное уничтожение хищника часто приводит к снижению жизнеспособности их жертв. Совершенно очевидно, что численность вида-жертвы определяет численность хищников, поскольку первые являются кормовой базой для вторых (рис. 1.2).

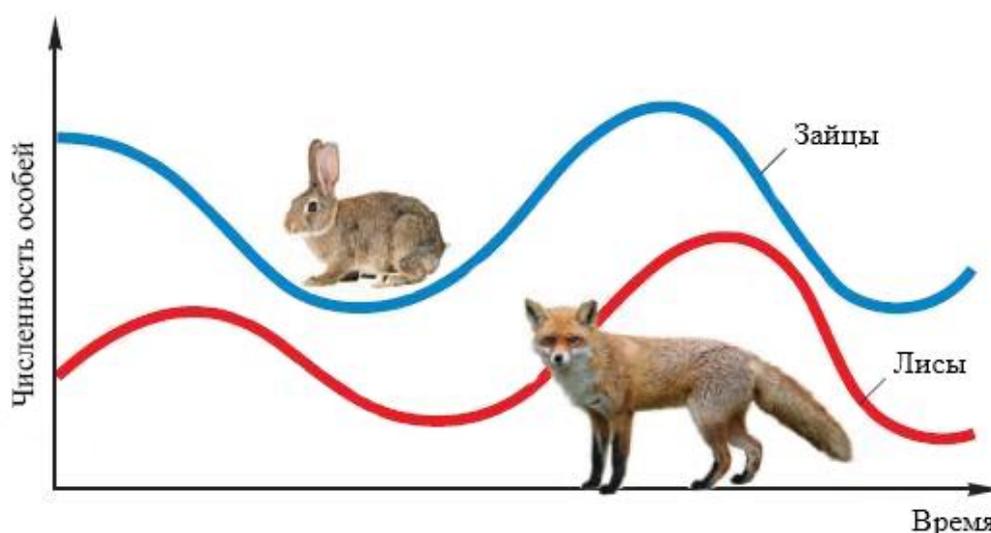


Рис. 1.2 – Изменение численности зайца и лисы в сообществе [6]

Значимым для вида-жертвы является тот факт, что хищники часто отлавливают ослабленных животных, что способствует большей жизнеспособности вида-жертвы в целом.

2. *Аменсализм* – тип межвидовых отношений, при котором один вид подавляет существование другого вида, не испытывая при этом противодействия от этого вида. Аллелохимическое взаимодействие в некоторой степени является проявлением аменсализма. Это взаимодействие организмов с выделением химических веществ, проявляющееся, например, при выделении отпугивающих жидкостей, воздействий приманок. У растений выделяют аллелопатию – выделение ими фитотоксинов. Антибиоз является крайним проявлением такого рода взаимодействий, поскольку с большей вероятностью приводит к летальным исходам. Примером антибиоза можно считать выделение микроорганизмами антибиотиков для подавления других видов.

3. *Паразитизм* (переводится с греческого как «тунеядец») – использование одним организмом другого с причинением виду-хозяину физиологического

вреда. При паразитизме наблюдается принцип совпадения: чтобы паразит мог развиваться, необходимо совпадение во времени поражающей стадии хозяина и агрессивной стадии паразита. Например, период кладки яиц яблоневым цветоедом связан со стадиями развития цветочных почек яблони, то есть существует фенологическое совпадение между кладкой цветоеда и развитием его растения-хозяина (яблони). В природных сообществах эволюционно складываются такие отношения между парами видов «паразит – хозяин», которые осуществляют регуляторную функцию численности на уровне видов как паразита, так и хозяина. По некоторым данным, длительное взаимодействие таких видов может приводить к переходу от паразитизма к более мягким формам взаимодействий – симбиозу, комменсализму.

К неантагонистическим взаимодействиям организмов относят, прежде всего, симбиотические отношения.



.....

Симбиоз (переводится с греческого как «совместная жизнь») – различные формы совместного существования разных видов, составляющих симбиотическую систему. В настоящее время под формами симбиоза подразумевают такие, в которых один или оба организма получают выгоду.

.....

Экологическую основу симбиоза обычно составляют следующие отношения: пищевые (трофические), пространственные, защитные. Это одна из форм приспособления организмов к окружающей среде. При симбиозе обычно происходит разделение между симбионтами функций, полезных или необходимых для выживания обоих видов организмов.



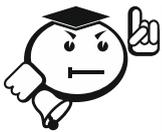
..... **Пример**

Примером симбиоза можно считать актинию и рака отшельника. Актиния, поселяясь на спине рака, получает возможность передвигаться, а рак получает яркую защитную окраску, которой актиния отпугивает возможных хищников. Муравьи охраняют стадо тлей, получая взамен от них питательные капли жидкости. Клубеньковые бактерии или грибы поселяются на корнях растений, образуя микоризу. Это обеспечивает растение дополнительным питанием, микроорганизмы имеют подходящий для существования субстрат со стабильными по сравнению с почвой условиями.

.....

Если симбиотические отношения необходимы для выживания организмов, то они носят название мутуалистических. Примером *мутуализма* считается взаимодействие между цветковыми растениями и насекомыми-опылителями. Организм лишайника на самом деле состоит из клеток водоросли, оплетенных гифами микрогрибов. Такой взаимовыгодный симбиоз превратился в мутуализм, обеспечив появление нового организма.

Комменсализм также можно считать одной из форм симбиоза. В данном случае один из партнеров системы – комменсал – возлагает на другого регуляцию своих отношений со средой, но не вступает с ним в тесные отношения. Основой таких отношений может быть общее пространство, передвижение, пища. К примеру, известное всем сопровождение мелкими рыбами крупной хищной рыбы, использование беспозвоночными нор и убежищ более крупного животного в качестве среды местообитания, зоохория – перенос семян растений животными в процессе заготовки запасов, поедания самих растений или транспортировки на шерстяном покрове [2].



.....

Ранее к биотическим факторам относили и воздействие человека на живые организмы, а в настоящее время выделяют особую категорию факторов, порождаемых человеком, которые называются *антропогенными*.

.....

Выделение антропогенного фактора в особую группу связано со своеобразием воздействия человека на окружающую среду. С одной стороны, человечество, потребляя в пищу растительные и животные организмы, может выступать как биотический фактор. С другой стороны, антропогенные факторы – формы деятельности человеческого общества – приводят к изменению природы как среды обитания биологических видов и непосредственно сказываются на их жизни. Например, изменение химического состава воздуха в результате промышленных выбросов; вырубка леса, изменяющая характер освещенности местообитания; действия человека как причина лесных пожаров. Такие формы воздействия по механизму близки к абиотическим факторам.

Итак, антропогенный фактор – это преднамеренное или случайное воздействие деятельности человека на окружающую среду, отражающееся на ресурсах и вызывающее изменение состояния биосферы.

Выделяют следующие типы антропогенных воздействий:

1. Прямое непреднамеренное уничтожение дикой природы в ходе хозяйственной деятельности.
2. Прямое целенаправленное уничтожение дикой природы с корыстной целью.
3. Косвенное влияние, ведущее к деградации природной среды через многочисленные причинно-следственные связи.

В прямое непреднамеренное уничтожение свой вклад, в частности, вносят:

- морское рыболовство (гибель в сетях ластоногих, мелких китообразных и др.);
- автотранспорт (на дорогах гибнут несколько сотен миллионов диких животных);
- сельское хозяйство (происходит гибель животных в процессе сенокоса, уборки урожая, уничтожаются кладки яиц фазанов, куропаток в период весенней пахоты);
- линии электропередач (массовая гибель птиц в результате короткого замыкания);
- борьба с сельхозвредителями (гибель животных из-за воздействия пестицидов).

Примером целенаправленного уничтожения природы служит вырубка леса с целью получения прибыли (ежегодно уничтожаются влажно-тропические леса на площади 16,8 млн га, возникает 6 млн га пустынь).

Косвенные воздействия проявляются через причинно-опосредованные связи: например, воздействие выбросов диоксида серы при сжигании угля на значительном удалении может уничтожить лес посредством выпадения кислотных дождей.

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы в свою очередь подразделяются на положительные факторы (посадка и подкормка растений, разведение и охрана животных и т. д.), которые улучшают жизнь организмов или увеличивают их численность, и отрицательные факторы (вырубка деревьев, загрязнение окружающей среды, прокладка дорог и других коммуникаций), которые ухудшают жизнь организмов или снижают их численность.

Помимо рассмотренной классификации экологических факторов выделяют классификацию экологических факторов А. С. Мончадского, основанную на степени их постоянства, то есть периодичности экологических факторов в

проявлении и воздействии на организмы. Различают следующие три группы факторов:

- а) первичные периодические факторы – это факторы, действие которых началось до появления жизни на Земле и живые организмы должны были сразу к ним адаптироваться (суточная периодичность освещенности, сезонная периодичность времен года, лунные ритмы и т. д.);
- б) вторичные периодические факторы – это факторы, являющиеся следствием первичных периодических факторов (влажность, температура, динамика пищи, содержание газов в воде и т. д.);
- в) непериодические факторы – это факторы, не имеющие правильной периодичности или цикличности (эдафические факторы, антропогенные факторы, содержание загрязняющих веществ в воде или почве и т. д.), живые организмы к ним изначально не адаптированы.

Таким образом, каждый живой организм испытывает влияние неживой природы, организмов других видов, в том числе и человека, и, в свою очередь, оказывает воздействие на каждую из этих составляющих.

Абиотические и биотические факторы различаются как по характеру воздействий, так и по реакции на них живых организмов. Абиотические факторы прямо или косвенно, то есть посредством изменения других факторов, воздействуют на организм. Абиотические факторы могут играть роль сигнала: не влияя прямо на обмен веществ, они закономерно сочетаются с другими воздействиями. Восприятие таких «сигнальных» факторов позволяет организму заранее подготовиться к изменениям условий. Такие реакции носят название фотопериодических. Например, изменение длины дня осенью служит сигналом для подготовки к зиме и запускает у растений биохимические реакции зимней подготовки, у животных – поведенческие реакции подготовки к зиме. Особенность абиотических факторов – одностороннее действие, то есть организм может приспособиться к этим факторам, но не может на них повлиять. Существуют два типа приспособления животных к абиотическим факторам: пассивный (например, хладнокровный уж, температура тела которого изменяется вслед за колебаниями внешней температуры) и активный, связанный с возможностью поддержания гомеостаза, то есть постоянства внутренней среды организма. По активному пути по отношению к фактору температуры эволюционировали гомойотермные организмы – млекопитающие и птицы.

Биотические факторы действуют иначе: испытывая влияние со стороны других организмов, животные, растения и другие живые организмы одновременно сами оказывают на них влияние. Говоря о биотических взаимодействиях, имеют в виду те взаимодействия, которые осуществляются на уровне популяций, а не на уровне особей.

1.3 Универсальные закономерности воздействия экологических факторов на организмы

Универсальные закономерности воздействия экологических факторов на организмы в данном изложении предлагается ограничить законом минимума, законом толерантности и некоторыми особенностями взаимодействия (конstellации) экологических факторов.

Влияние экологических факторов на организм можно представить в виде схемы (рис. 1.3).

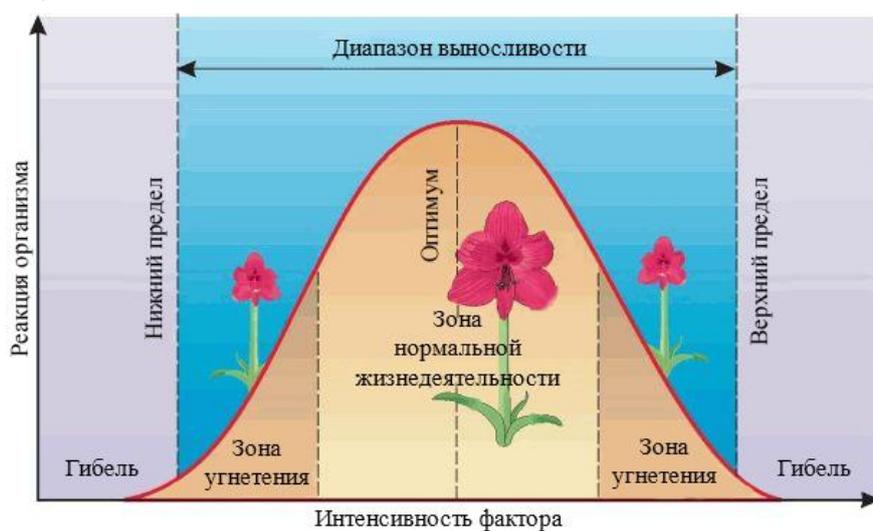


Рис. 1.3 – Схема влияния экологического фактора на организм

Наиболее благоприятная для организма интенсивность экологического фактора называется оптимальной. Отклонение от оптимального действия фактора постепенно приводит к угнетению жизнедеятельности организма. Значение фактора, за пределами которого невозможно существование организма, называется *пределом выносливости (толерантности)*. Минимальное значение предела называется *экологическим минимумом*, максимальное – *экологическим максимумом*. Интервал между этими значениями называется *диапазоном толерантности организма*.

Термин «толерантный» в настоящее время получил распространение в социологической среде.



.....

Толерантный переводят как устойчивый, терпимый, а *толерантность* можно определить как способность организма выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных для его жизнедеятельности значений.

.....

Границы диапазона толерантности различны для разных видов и даже для разных особей одного вида. Например, вне пределов выносливости для многих организмов находятся верхние слои атмосферы, термальные источники, ледяная пустыня Антарктиды. Таким образом, оптимум отражает особенности условий обитания различных видов. В соответствии с уровнем наиболее благоприятных факторов организмы подразделяются на тепло- и холодолюбивые, влаголюбивые и засухоустойчивые, светолюбивые и теневыносливые и т. д. Чем шире предел выносливости, тем пластичнее организм. Виды с широкими диапазонами толерантности, как правило, занимают обширные ареалы. Некоторые из них обитают в разных районах земного шара. Их называют космополиты. Среди растений к ним относятся подорожник, пастушья сумка, мятлик луговой и др.; среди животных – плодовая мушка (дрозофила), комнатная муха, воробей, серая крыса.



.....

Фактор среды, выходящий за пределы выносливости организма, называется ограничивающим.

.....

Ограничивающий фактор может быть выражен в форме как экологического максимума, так и экологического минимума. Для рыб ограничивающим фактором является вода. Понижение температуры воды ниже 0°C является нижним пределом для большинства видов рыб, а повышением выше 45°C – верхним пределом выносливости.

Любой организм имеет определенный запас энергии, который может быть потрачен на адаптацию к воздействию какого-либо фактора. Эти резервы адаптации организма позволяют переносить некоторые отклонения абиотических факторов от оптимума без нарушения нормальной жизнедеятельности. Пределы таких отклонений входят в зону нормы. Чем больше отклонение фактора от зоны оптимума, тем больше энергии тратится на функционирование механизмов адаптации. В зоне оптимума механизмы адаптации не работают – организм не испытывает в этом необходимости, энергия расходуется только на обеспечение процессов жизнедеятельности. В этой зоне организмы чувствуют себя комфортно, что

отражается увеличением численности организмов – процессы размножения происходят наиболее интенсивно. Сильные отклонения дозы фактора от оптимума снижают эффективность адаптации, при этом возникают различные нарушения жизненных функций: остановка или замедление роста, нарушение процессов размножения, линьки, возникновение различных болезней и др. Это зона пессимума, энергетический баланс организма здесь нарушается. При дальнейших отклонениях дозы фактора от оптимума существование организма становится невозможным, механизмы адаптации теряют свою эффективность.



.....

Взаимодействие экологических факторов заключается в том, что изменение интенсивности одного из них может сузить предел выносливости к другому фактору или, наоборот, увеличить его.

.....

Повышенная влажность значительно снижает устойчивость организма к перенесению высоких температур. Широко известно влияние влажности воздуха в реакциях животных на температуру. Высокая влажность затрудняет переносимость как высоких, так и низких температур. При высоких температурах влажность воздуха ограничивает испарение влаги с поверхности тела, что затрудняет сохранение теплового баланса и способствует перегреву организма. При низких температурах растут теплотери организма, так как влажный воздух имеет большую теплопроводность. Интенсивность воздействия факторов среды находится в прямой зависимости от продолжительности этого воздействия. Таким образом, приспособленность организма к отдельным факторам среды индивидуальна и может иметь как широкий, так и узкий диапазон выносливости. Если количественное изменение хотя бы одного из факторов выходит за границы предела выносливости, то, несмотря на то что прочие условия благоприятны, организм гибнет.

В природе практически невозможно сочетание оптимумов по всем факторам, а значит, организм всегда вынужден тратить энергию на процессы адаптации. Экологическим оптимумом (оптимальное местообитание) называют наиболее благоприятное сочетание ведущих экологических факторов, хотя каждый из них может немного отклоняться от оптимума. Пессимум ареала (пессимальное местообитание) – это зона с наименее удачным сочетанием экологических факторов, хотя некоторые могут находиться в зоне оптимума [7].

Действие закона минимума Ю. Либиха (ограничивающего или лимитирующего фактора)

В связи с тем что факторы воздействуют на организм в комплексе, любая реакция организма на них многофакторно обусловлена. При исследовании оказываемого влияния на организм встает проблема вычленения каких-либо ведущих факторов, определяющих состояние организма или популяции. Для успешного решения этой непростой задачи используется закон минимума.

Один из основоположников агрохимии, немецкий ученый Юстус Либих (1803–1873) сформулировал теорию минерального питания растений. Он установил, что развитие растения или его состояние зависят не от тех химических элементов (или веществ), то есть факторов, которые присутствуют в почве в достаточных количествах, а от тех, которых не хватает. Например, достаточное для растения содержание азота или фосфора в почве не может компенсировать недостаток железа, бора или калия. Если любого (хотя бы одного) из элементов питания в почве меньше, чем требуется данному растению, то оно будет развиваться ненормально, замедленно или иметь патологические отклонения.

Результаты исследований Ю. Либих изложил в виде фундаментального закона экологии – закона минимума. Его формулировка, данная Либихом, выглядит следующим образом:



.....
Веществом, присутствующим в минимуме, управляется урожай, определяется его величина и стабильность во времени.

Закон минимума справедлив не только для растений, но и для всех живых организмов, включая человека.

Закон толерантности

В начале XX в. американский ученый В. Шелфорд показал, что вещество (или любой другой фактор), присутствующее не только в минимуме, но и в избытке по сравнению с требуемым организму уровнем, может приводить к нежелательным последствиям для организма [8]. Если продолжить рассмотрение примеров с растениями, то очевидно, что дефицит влаги в почве делает бесполезными для растения присутствующие в ней питательные вещества, но и избыточное увлажнение приведет к нехватке кислорода для корней, загниванию растений.

Таким образом, подтверждается существование колоколообразной кривой зависимости жизнедеятельности организма от значения факторов среды, изображенной на рисунке 1.3.

1.4 Влияние загрязняющих веществ на организм человека

Рассмотренная ранее концепция диапазона толерантности и зон оптимума, пессимума, нормальной жизнедеятельности используется в методиках определения показателей предельно допустимой концентрации веществ в среде, безвредной для организма человека. Значение концентрации вещества не должно выходить за пределы показателя, характеризующего зону нормальной жизнедеятельности [8]. При этом следует учитывать взаимное влияние факторов, которые в данном случае могут быть выражены в форме нахождения в среде нескольких веществ определенной концентрации. Такая ситуация достаточно распространена на практике. В токсикологии она носит название *комбинированного* или *комплексного (сочетанного)* действия веществ.

Комбинированное действие вредных веществ – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ при одном и том же пути поступления, например через дыхательные пути (аспирационный путь).

Комбинированное действие веществ может иметь следующие проявления:

- *суммация* (аддитивность) – явление аддитивных эффектов, спровоцированных комбинированным воздействием. В данной ситуации каждое из веществ действует на организм так, как если бы они вводились в организм по отдельности;
- *потенцирование* (синергизм) – более опасная для организма ситуация, обусловленная усилением эффекта действия каждого из веществ, когда организм страдает больше, чем если бы эти вещества вводились с определенным промежутком времени поочередно.

Например, изучая инструкцию по применению определенного медицинского препарата, можно обратить внимание на то, что встречаются указания о недопустимости приема данного вещества совместно с какой-либо группой медицинских препаратов;

- *антагонизм* – эффект комбинированного воздействия, менее ожидаемого при простой суммации. Это самое выгодное для организма сочетание в случае контакта с загрязняющими веществами. Комбинированное воздействие некоторых медицинских препаратов, напротив, может снижать эффективность их применения, что также оговаривается в инструкции.

Комбинированное воздействие может происходить как при однократном (остром), так и при хроническом воздействии веществ. При однократном действии аддитивный эффект наблюдается у веществ наркотического действия и у

раздражающих газов: хлора и оксидов азота, оксидов азота и сернистого газа, сернистого газа и аэрозолей серной кислоты.

Причиной синергизма может быть торможение одним веществом процессов биотрансформации или метаболизма другого вещества. Так, усиление токсического эффекта наблюдалось при комбинированном воздействии некоторых пар фосфорорганических препаратов (подавление холинэстеразы (фермент организма) одним веществом и торможение вследствие этого процесса детоксикации – обезвреживания – другого. Хлорофос и карбофос, хлорофос и метафос, карбофос и тиофос дают эффект потенцирования (синергизма).

Антагонизм может иметь место при совместном воздействии однотипных по механизму действия вредных веществ. Так, высокие концентрации этилового спирта заметно снижают токсический эффект метилового за счет конкуренции этих спиртов при их метаболизме в организме. При этом в большей степени метаболизируется этиловый спирт, преимущественно расходуя окислитель, и исключает возможность летального синтеза формальдегида и муравьиной кислоты из метанола.

Кроме того, и здесь имеют место закономерности взаимодействия с другими абиотическими факторами среды. Влажность и температура влияют на проявление токсического эффекта, вызванного воздействием химических соединений. Часто колебания температуры усиливает токсический эффект воздействия веществ. В связи с этим высказывались рекомендации о введении поправок к предельно допустимой концентрации (ПДК) веществ, учитывающих изменения температуры.

Повышенная влажность воздуха усиливает эффект ряда веществ вследствие образования аэрозолей и гидролиза, способствует нарушению теплоотдачи, увеличивая чувствительность к воздействию вредных веществ [9, 10].

.....  **Выводы**

Экологические факторы – это важные для жизнедеятельности организма условия окружающей среды, они различаются происхождением, качеством, количеством, временем воздействия, то есть режимом.

Экологические факторы делятся на условия неживой природы – абиотические и живой природы – биотические и антропогенные факторы, происхождение которых связано с деятельностью человека.

Каждый из видов живых организмов имеет определенную степень приспособленности (толерантности) к режимам воздействия этих факторов, что определяет его распространение по планете. Экологические факторы воздействуют в комплексе, поэтому при изучении условий воздействия факторов следует опираться на законы минимума и толерантности, которые приводят к поиску лимитирующих факторов, значение которых находится или приближается к пессимальным для организма.

Существуют значения факторов, при которых жизнедеятельность организма не может быть осуществлена. Это экологический минимум и максимум. Диапазон значений между этими показателями определяет степень толерантности вида и служит показателем его экологической валентности.

Комбинированное действие факторов может давать эффекты аддитивности, синергизма, антагонизма.

Концепция учения об экологических факторах практически применима к функционированию живых организмов в природных условиях. Она также служит ориентиром в изучении динамики природных сообществ. Положения концепции учения об экологических факторах используются в области токсикологии и экологического нормирования, что имеет непосредственное отношение к жизнедеятельности общества людей и каждого конкретного человека.



Контрольные вопросы по главе 1

1. Дайте определение экологического фактора и его основных признаков.
2. Какие классификации экологических факторов вам известны?
3. В чем особенности классификации экологических факторов по степени их периодичности?
4. Почему антропогенный фактор в настоящее время не относят к биотическим факторам среды?
5. Как связан закон толерантности и определение показателя ПДК?
6. Что такое аддитивность, синергизм и антагонизм в свете учения об экологических факторах?
7. Какую ценность для медицины имеют знания о комбинированном воздействии факторов?

2 Экосистемы и их свойства

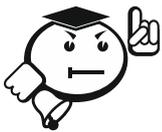
Определение экосистемы. Классификации экосистем. Источники энергии в экосистемах. Состав экосистемы. Продуктивность экосистем. Динамика экосистем. Устойчивость экосистемы.

2.1 Определение экосистемы

Термин «экосистема» был предложен английским экологом Артуром Тенсли в 1935 г.



.....
Экосистема – функциональная система, включающая в себя сообщество живых организмов и среду их обитания.



.....
 В России термин «биогеоценоз» впервые был использован русским исследователем В. Н. Сукачевым (1944). Необходимо учитывать сходства и различия понятий экосистемы и биогеоценоза. А. Тенсли большее значение в функционировании экосистемы придавал деятельности живых организмов, а В. Н. Сукачев – абиотическому компоненту экосистемы – биотопу (экотопу).

В связи с этим понятие экосистемы может трактоваться несколько шире понятия биогеоценоза. Экосистемой может называться любое замкнутое пространство – желудок коровы, салон космического корабля. Биогеоценоз предполагает привязку к биотопу – биотоп более сложен и структурирован. Примерами биогеоценоза являются лес, поле, луг. В настоящее время большинство экологов используют термин «экосистема» в контексте биогеоценоза, уточняя пространственные размеры, например, экосистема луговой степи.



.....
 В классическом варианте трактовки экосистемы присутствует элемент самоорганизации и саморегуляции в совокупности с саморазвитием. Основной характеристикой экосистемы является наличие

относительно замкнутых, стабильных в пространстве и времени потоков вещества и энергии между биотической и абиотической частями экосистемы.

.....

Из этого следует, что не всякая биологическая система может называться экосистемой, например, таковыми не являются аквариум или трухлявый пенек. Данные биологические системы не являются самодостаточными и саморегулируемыми. Если перестать регулировать условия и поддерживать характеристики на одном уровне, они достаточно быстро разрушатся. Такие сообщества не формируют самостоятельных замкнутых циклов вещества и энергии, а являются лишь частью большей системы. Их следует называть сообществами более низкого ранга, или же микрокосмами. Используется также термин «фация», но его применение очень многогранно, поэтому рекомендуется за основу взять общепринятую терминологию [11].

2.2 Классификация экосистем

Несмотря на большое разнообразие экосистем, все они являются открытыми, без этого их существование было бы невозможно. Виды экосистем классифицируются по различным основаниям.

Если исходить из происхождения, то экосистемы бывают:

- 1) природные или естественные. В них все взаимодействие осуществляется без прямого участия человека. Они в свою очередь подразделяются на экосистемы,
 - а) находящиеся в полной зависимости от солнечной энергии;
 - б) получающие энергию как от солнца, так и от других источников;
- 2) искусственные экосистемы. Данные системы созданы руками человека и существовать могут только при его участии. Они также подразделяются:
 - а) агроэкосистемы, то есть те, которые связаны с хозяйственной деятельностью человека;
 - б) техноэкосистемы, появляются в связи с промышленной деятельностью людей;
 - в) городские или урбанизированные экосистемы. В них энергия Солнца не играет решающей роли. Основными энергетическими компонентами являются топливо и электричество.

Классификация, выделяющая виды природных экосистем:

- а) наземные (тропические леса, пустыня с травянистой и кустарниковой растительностью, саванна, степи, листопадный лес, тундра);
- б) пресноводные экосистем (стоячие водоемы (озеро, пруд), текущие воды (реки, ручьи), болота);
- в) морские экосистемы (океан, континентальный шельф, районы рыболовства, устья рек, бухты, глубоководные рифовые зоны) [12].

2.3 Источники энергии в экосистемах

Любая экосистема относится к категории открытых систем и характеризуется входными и выходными потоками вещества и энергии. Основа энергетического существования большинства природных и полуприродных экосистем – поток энергии солнечного света, который запускает биохимические реакции фотосинтеза в экосистемах пастбищного типа или косвенно обеспечивает разложение органического вещества в детритных экосистемах. Исключением являются глубоководные экосистемы: «черные» и «белые» курильщички, источником энергии в которых является внутреннее тепло Земли и энергия химических реакций. Основную роль в качестве первичных производителей продукции здесь играют бактерии-хемосинтетики. Дополнительными источниками энергии, обеспечивающими ее существование и продуктивность, могут быть абиотические факторы, обеспечивающие энергию приливов (Луна), или потоки вещества и влаги, нисходящие с вершины горы, или иные процессы, обеспечивающие привнесение дополнительного органического вещества из соседствующих экосистем. Но первичным поставщиком энергии, конечно же, является Солнце.

Далее роль абиотических факторов ослабевает и к обеспечению потоков прохождения энергии по системе подключаются живые организмы.

2.4 Состав экосистемы

Каждая экосистема своеобразна: отличается видовым составом, продуктивностью, динамикой. Все же общие черты строения экосистем существуют и могут быть универсальными.



.....

В составе экосистемы Ю. Одум (1975) выделяет следующие компоненты: неорганические вещества, органические соединения,

климатический режим, продуценты, макроконсументы (зоофаги), микроконсументы (сапротрофы) [13].

.....

Можно заметить, что в экосистеме представлены два компонента: биотический и абиотический. К абиотическому компоненту экосистемы можно отнести все то, что было определено ранее в понятии абиотических факторов (рис. 2.1).

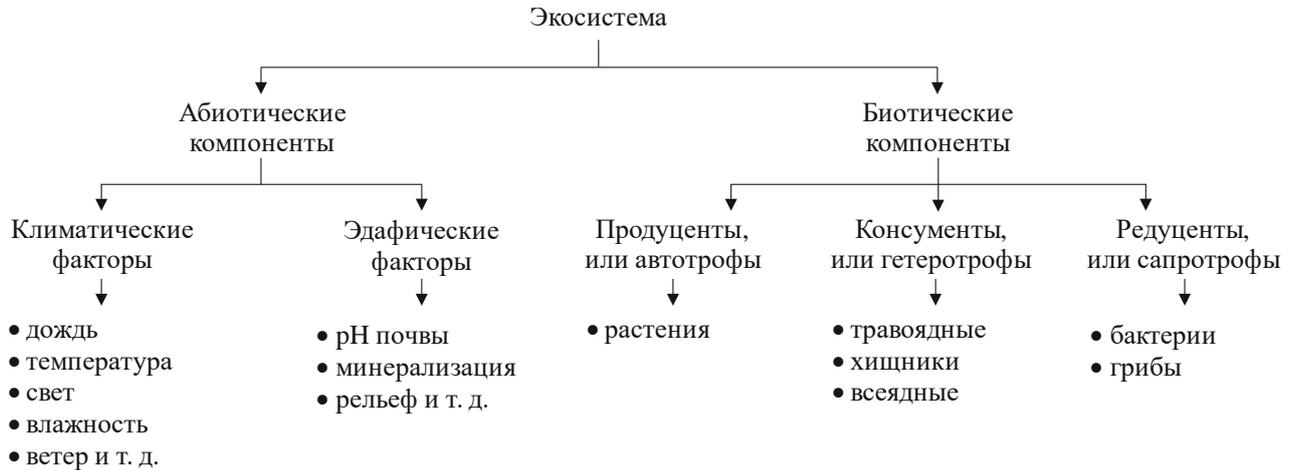


Рис. 2.1 – Схема состава экосистемы [14]

Перечисленные факторы, в зависимости от представленной экосистемы (водная, наземная), выражены в разной степени и в разном качестве. Они определяют свойства экотопа.

.....



Экотоп – место расположения биотического компонента экосистемы – сообщества, представленное абиотическими условиями.

.....

Зачастую употребляется термин «биотоп», здесь могут быть представлены живые организмы биоценоза почвы, если далее рассматриваются растения, или даже растения, если впоследствии рассматривается зооценоз.

.....



Биотический компонент экосистемы представлен биоценозом – сообществом живых организмов, состоящим из популяций различных видов.

Под популяцией понимается совокупность особей определенного вида, в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений) населяющих определенное пространство, внутри

которого осуществляется скрещивание и нет заметных изоляционных барьеров, которая отделена от соседних таких же совокупностей особей данного вида той или иной степенью давления изоляции [7].

.....

Вид, как правило, состоит из множества популяций. Редко они бывают полностью изолированными друг от друга. Степень изоляции зависит от способности вида к расселению, географических преград, характера местообитания (сплошной лесной массив или лесные островки, свойственные лесостепной зоне), показателя численности вида (вспышка численности может привести к временному слиянию популяций).

Уже из определения популяции следует, что это не просто часть особей одного вида, а организованная определенным образом группа, живущая в едином ритме, что обеспечивается определенными способами взаимодействия особей. Прежде всего, это *биологическое информационное поле популяции*. Одним из основных свойств популяции является ее *целостность*. Особи, составляющие популяцию, непрерывно обмениваются информацией. К этому их толкает наследственно детерминированный стереотип поведения, стимулирующий животное к поиску и поддержанию контактов с себе подобными. Информационные процессы представляют собой специфический механизм формирования и поддержания целостности популяции как системы во времени и пространстве. Информация о присутствии особей своего вида обширна и многообразна. В нее входят как личные сигналы, воспринимаемые визуально, на слух и по запаху, так и различные опосредованные формы информации: следы, тропы, поеди, норы, гнезда, экскременты, электрические разряды у водных животных, эхолокация, механические колебания воды.

Популяция обладает функциональной и пространственной структурой. Она характеризуется общим ритмом биологических циклов (например, период размножения или период спячки происходит более-менее синхронно у всех членов популяции) [7].

.....



Сообщество (биоценоз) – сочетание популяций растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды и образующих тем самым особую живую систему со своим собственным составом, структурой, взаимодействием со средой, развитием и функциями [15].

.....

Определений сообщества существует много, но все их объединяют следующие основные черты: во-первых, речь идет о группе взаимодействующих организмов; во-вторых, сообщество существует в определенных пространственных границах.

Сейчас очевидным стал факт, что сообщество – не просто сумма образующих его видов, но и совокупность взаимодействий между ними. Оно имеет эмерджентные свойства, проявляющиеся только при изучении его самого. Это такие параметры сообщества, как видовое разнообразие, пределы сходства конкурирующих видов, структура пищевой цепи, продуктивность. Рассмотрение этих показателей является невозможным без включения механизмов взаимосвязей в сообществе.

От степени гетерогенности среды (разнообразия экотопических условий) зависит один из основных показателей сообщества – *состав сообщества, или его видовое богатство*. Определяется он как абсолютное число видов в сообществе.

Виды, преобладающие в сообществе по численности, называются *доминирующими*. Доминирующих видов в сообществе может быть несколько, тогда это *полидоминантные сообщества*.

Если видов-доминантов два-три, то такие сообщества считаются *олигодоминантными*. Это относительно обычное явление, например, березово-осиновый лес.

Монодоминантным будет являться сообщество, где доминант выступает в единственном числе. Примером таких сообществ в Томской области являются кедровники, расположенные возле мелких населенных пунктов [16].

В структуре биоценоза, помимо доминирующих видов, представлены содоминанты. Их доля в сообществе существенно ниже. Далее идут второстепенные члены сообщества (от 3 до 10% по численности). Третьестепенными считаются виды, доля которых составляет менее 3%.



.....
Показатель, объединяющий видовое богатство сообщества и выравненность, носит название биоразнообразия сообщества.

Механизм взаимодействия косного и живого вещества в экосистеме состоит в вовлечении неорганической материи в сферу жизни, в превращениях в живом веществе и возвращении его в прежнее состояние косного вещества. Поэтому в любой экосистеме можно выделить три функциональные группы по типу питания организмов, составляющие пищевые цепочки.



Биотический компонент любой экосистемы состоит из трех функциональных групп организмов: продуценты, консументы, редуценты (детритофаги).

1. Продуценты (автотрофный тип питания). Автотрофы – организмы, образующие органическое вещество своего тела из неорганических веществ – двуокиси углерода и воды посредством процессов фотосинтеза и хемосинтеза. В соответствии с этим различают категории *фотоавтотрофов* и *хемоавтотрофов*.

Фотоавтотрофы (зеленые растения и некоторые бактерии) в процессе жизнедеятельности на свету синтезируют органические вещества.

Для сообщества и его трофической структуры фотосинтез – это основной процесс получения первичной продукции экосистемы. Для Земли и человечества в целом это процесс, определяющий современное состояние планеты и форму жизни консументов, в число которых входит и человек.

Фотосинтез создал и поддерживает современный состав атмосферы Земли, препятствует увеличению концентрации CO_2 в атмосфере, предотвращая перегрев планеты. Кислородно-озоновый экран защищает жизнь на Земле от губительного коротковолнового УФ-излучения. Содержание углекислого газа в атмосфере около 0,03%. Известно, что при повышении его содержания до 0,1% интенсивность фотосинтеза возрастает. Но если CO_2 больше 1%, то интенсивность фотосинтеза снижается [3].

Хемоавтотрофы (нитрифицирующие бактерии, серобактерии) используют энергию, выделяющуюся при химических реакциях окисления водорода, серы, сероводорода, аммиака и др., и синтезируют органические вещества.

2. Консументы (гетеротрофный тип питания) – организмы, потребляющие готовое органическое вещество других организмов и продуктов их жизнедеятельности. Это все животные, грибы и большая часть бактерий. Консументы являются потребителями органического вещества живых организмов. К их числу относятся:

- консументы первого порядка – растительноядные животные, питающиеся живыми растениями (тля, кузнечик, мышь, гусь, овца, олень, слон);
- консументы второго и третьего порядков – плотоядные животные, поедающие других животных, различные хищники (хищные насекомые,

насекомоядные и хищные птицы, хищные рептилии и звери), нападающие не только на фитофагов, но и на других хищников (хищники второго, третьего порядков);

- паразиты, живущие за счет веществ организма-хозяина, это уже не только животные, но и различные микроорганизмы, а также некоторые грибы и растения; симбиотрофы – бактерии, грибы, простейшие, которые, питаясь соками или выделениями организма-хозяина, выполняют вместе с тем и жизненно важные для него трофические функции, например, грибы микоризы, участвующие в корневом питании многих растений; клубеньковые бактерии бобовых, связывающие молекулярный азот; микробиальное население сложных желудков жвачных животных, повышающее переваримость и усвоение поедаемой растительной пищи [17].

3. Редуценты, детритофаги, или сапрофаги (сапротрофный тип питания), – организмы, питающиеся мертвым органическим веществом – остатками растений и животных. Это различные гнилостные бактерии, грибы, черви, личинки насекомых, жуки-копрофаги и другие животные – все они выполняют функцию очищения экосистем. Детритофаги участвуют в образовании почвы, торфа, донных отложений водоемов. Их уже можно отнести к категории редуцентов.

Редуценты в классическом определении – бактерии и низшие грибы (также сапротрофный тип питания) – завершают деструктивную работу консументов и сапрофагов, доводя разложение органики до ее полной минерализации и возвращая в среду экосистемы последние порции двуокиси углерода, воды и минеральных элементов. Редуценты используют питательные вещества, заключенные в отмерших растительных и животных организмах, в качестве источника энергии и пищи. При этом они разлагают органические соединения на более простые неорганические, которые способны поглощать и использовать живые растения.

Когда растения или животные погибают, их тела становятся ресурсом для других организмов. Принято считать, что все консументы существуют за счет мертвого материала. Плотоядные животные ловят и убивают свою жертву, а лист, оборванный травоядным, становится мертвым, как только начинается переваривание. Но при этом очевидно, что хищники и паразиты непосредственно влияют на скорость продуцирования своих пищевых ресурсов, поскольку в результате потребления нарушают способность поедаемого организма (вида) к воспроизводству.

Редуценты же питаются изначально мертвой органикой. В отличие от консументов, редуценты не контролируют скорость, с которой пищевые ресурсы становятся им доступны. Редуценты полностью зависят от скорости, с которой какой-нибудь другой фактор (старение, инфекции, хищники) высвободит ресурс, обеспечивающий их жизнедеятельность.

К редуцентам относятся бактерии, грибы, жуки (мертвоеды, кожееды, навозники), личинки некоторых видов мух, многоножки, дождевые черви, ракообразные – речной рак, бокоплав.

Процессы разрушения обычно начинаются с заселения бактериями и грибами. Затем включаются в процесс более крупные деструкторы, которые поедают разлагающиеся остатки вместе с грибами и бактериями. Многие из них и охотятся за микроорганизмами. Ресурсами для редуцентов служат не только тела погибших животных и растений. На протяжении жизни все существа образуют мертвый органический материал (личиночные покровы, змеиная шкура, кожа, волосы, перья, шерсть, рога, старые листья, цветы, старые особи колоний гидродных полипов). С этими «сброшенными» частями часто связаны организмы, специализирующиеся на их потреблении. Например, кожа человека служит ресурсом для обитающих в домах клещей, представляющих серьезную проблему для больных астмой.

Консументы, продуценты и редуценты встречаются во всех экосистемах. Например, экосистемы леса и пруда отличаются друг от друга средой обитания, составом популяции, но содержат все три функциональные группы. Продуценты, находящиеся в лесу, – это деревья, мхи, травы, а в пруду – водоросли, водные растения. Консументов леса представляют звери, насекомые, птицы, беспозвоночные животные, которые населяют лесную подстилку и почву (рис. 2.2). К консументам, проживающим в пруду, относятся земноводные, рыбы, ракообразные и насекомые.



В сообществах состав видов не случаен, он сложился в результате эволюционного процесса и определяется возможностью непрерывного поддержания круговорота веществ. Только на этой основе в принципе оказывается возможным устойчивое существование любой экосистемы. Все компоненты в сообществе взаимосвязаны в пространстве и времени и образуют единую структурно функциональную систему, форма материального выражения которой – пищевая цепь, а на практике – пищевая сеть.

Пищевая сеть (трофическая сеть) – пищевые отношения групп организмов в сообществе, где все живые существа являются объектами питания других.

.....

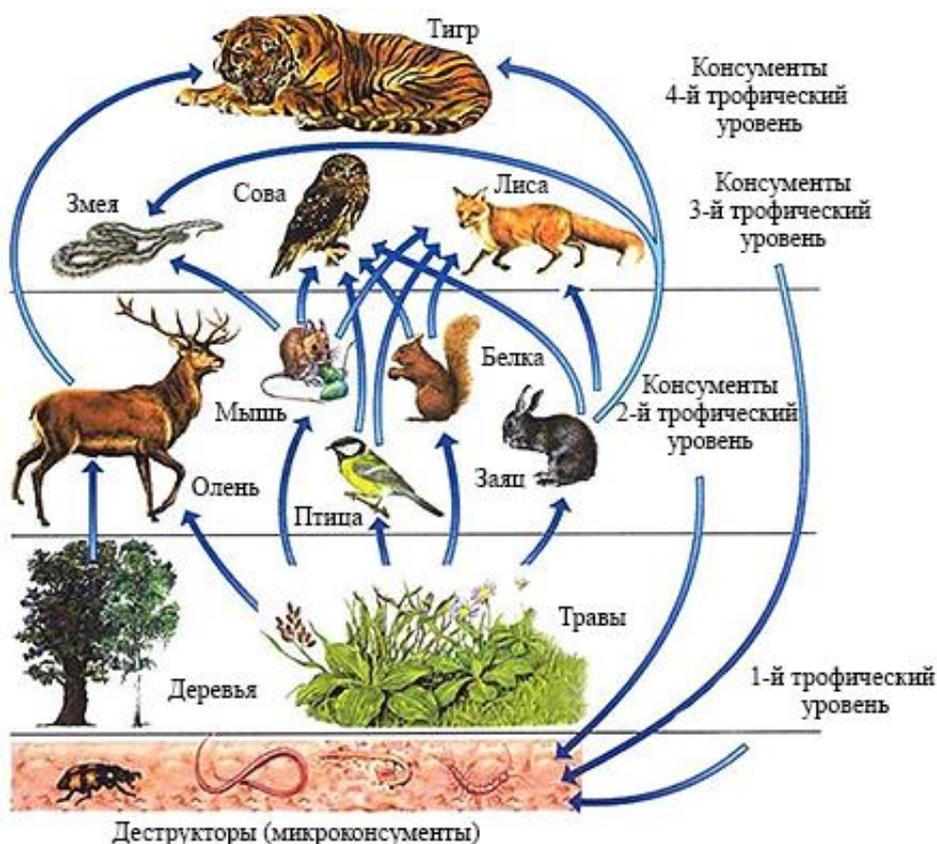


Рис. 2.2 – Консументы лесного биоценоза, связанные пищевой сетью [18]

Различают пастбищные, детритные, паразитические пищевые цепи.

Пастбищные пищевые цепи (цепи выедания) – пищевые цепи, которые начинаются с автотрофных фотосинтезирующих или хемосинтезирующих организмов. Пастбищные пищевые цепи распространены преимущественно в сухопутных и морских экосистемах.

Детритные пищевые цепи (цепи разложения) – пищевые цепи, которые начинаются с детрита – отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных.

Паразитические пищевые цепи – пищевые цепи, которые начинаются свободноживущим организмом, на котором паразитируют паразиты первого порядка, а на них, в свою очередь, – паразиты второго порядка и т. д.

Каждый организм может питаться не одним, а несколькими видами, и сам потребляется в пищу несколькими другими видами. Вследствие того что разные

трофические цепи переплетаются друг с другом, *формируется трофическая сеть*.

Существование трофической сети обеспечивает устойчивость экосистемы: если меняется численность популяций определенных видов, легко заменяются кормовые объекты и суммарная продуктивность экосистемы остается постоянной. Это один из механизмов, обеспечивающих устойчивость экосистем.

Согласно вышеизложенному, можно сделать вывод, что в природе популяции разных видов обитают совместно. Популяции различных видов живых организмов, заселяющие общие места обитания, неизбежно вступают в определенные взаимоотношения в области питания, использования общего пространства. Эти связи и характеризуют биоценоз или сообщество.

В любом сообществе обязательно присутствуют все рассмотренные экологические группы организмов (продуценты, консументы, редуценты) и при этом тесно взаимодействуют между собой в форме рассмотренных проявлений биотических факторов, согласуя при этом потоки вещества и энергии, проводимые по сетям и цепям питания. Продукты минерализации (простые неорганические вещества), полученные в процессе прохождения вещества и энергии по пищевой цепи от продуцентов к редуцентам, по истечении некоторого времени вновь используются продуцентами.

В любой экосистеме существует разделение во времени процессов образования органического вещества (продуцентами), перераспределения его внутри экосистемы биофагами (консументами) и переработки сапрофагами (редуцентами). Между отмиранием органического вещества и повторным включением его составляющих в круговорот вещества в экосистеме может пройти существенный промежуток времени, например, в случае соснового бревна, 100 и более лет [1].

Поток энергии в экосистеме

Очевидно, что вместе с потоком биомассы в форме пищи по цепям питания биоценоза проходит поток энергии.

Энергетический баланс участников цепи питания складывается следующим образом. Поглощенная пища усваивается не полностью. Неусвоенная часть вновь возвращается во внешнюю среду (например, в виде экскрементов и погядок) и в дальнейшем может быть вовлечена в другие цепи питания, например детритную. Процент усвояемости зависит от состава пищи и набора пищеварительных ферментов организма. У животных усвояемость пищевых материалов варьирует от 12 до 75% и более (у хищников).

Ассимилированная организмом пища вместе с запасом энергии в ней расходуется следующим образом. Большая часть энергии используется на поддержание рабочих процессов в клетках, а продукты этих реакций подлежат удалению из организма в составе экскретов (через потовые, сальные железы) и углекислого газа, образующегося при дыхании.

Энергетические затраты на поддержание всех метаболических процессов условно называют *тратами на дыхание*, так как общие их масштабы можно оценить, учитывая выделение CO_2 организмом. Меньшая часть усвоенной пищи трансформируется в ткани самого организма, т. е. идет на рост или откладывание запасных питательных веществ, увеличение массы тела, накопление биомассы с точки зрения продуктивности экосистемы.

Передача энергии в химических реакциях в организме, согласно второму закону термодинамики, происходит с потерей ее части в виде тепла. Особенно велики эти потери при работе мышечных клеток животных, КПД которых очень низок. В конечном счете вся энергия, использованная на метаболизм, переходит в тепловую и рассеивается в окружающем пространстве. Траты на дыхание во много раз больше энергетических затрат на увеличение массы самого организма. Конкретные соотношения зависят от стадии развития и физиологического состояния особей.

Таким образом, основная часть потребляемой с пищей энергии идет у животных на поддержание их жизнедеятельности и лишь сравнительно небольшая – на построение тела, рост и размножение. Иными словами, большая часть энергии при переходе из одного звена пищевой цепи в другое теряется, так как к следующему потребителю может поступить лишь та энергия, которая заключается в массе организма – предшественника в пищевой цепи. Эти потери составляют около 10% при каждом акте передачи энергии через трофическую цепь. Следовательно, запас энергии, накопленный зелеными растениями, в цепях питания стремительно иссякает. Поэтому пищевая цепь включает обычно всего 4–5 звеньев [19].

На рисунке 2.3 изображена схема трансформации энергии в биоценозе. Она показывает, как проходит поток вещества и энергии, потребляемый организмами в процессе жизнедеятельности.

С потерями вещества и энергии при переходе по трофическим цепям связано правило Р. Линдемана, или правило 10%, которое формулируется следующим образом:



.....
На каждом трофическом уровне биомасса приблизительно на 90% меньше, чем на предыдущем.

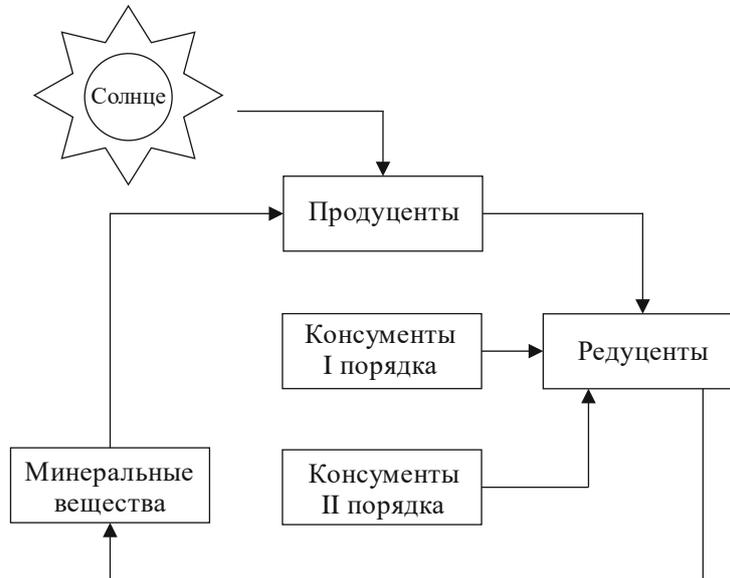


Рис. 2.3 – Схема прохождения потока вещества и энергии в экосистеме



.....
 Пример

Допустим, биомасса продуцентов на участке луга в 0,4 га составляет 1 000 кг, тогда биомасса фитофагов на той же площади будет не более 100 кг, а плотоядных видов – не более 10 кг.

.....



.....
 Выводы

Таким образом, пищевая цепь играет важную роль в экосистеме, т. к. ее наличие обеспечивает непрерывный круговорот энергии за счет потребления организмами других организмов, которые в свою очередь тоже послужат пищей для обитателей первого трофического уровня. Природа создала трофические уровни таким образом, чтоб не прерывалась трансформация энергии в экосистеме, т. е. энергия переходит от одного уровня на другой и, в конечном итоге, возвращается на первый уровень.

.....

2.5 Продуктивность экосистем

Продуктивность – важнейший показатель экосистемы. Он отражает массу живого органического материала, накапливающегося в ней. Если экосистема является поставщиком ресурсов для человека – древесины в случае лесной экосистемы либо промысловых видов рыбы в море или урожая зерновых в случае агроэкосистемы, – ценность данного свойства очевидна. Если экосистема не стала объектом эксплуатации, то этот показатель напрямую связан с производством кислорода или поглощением углекислого газа, что также считается важным аспектом существования живых организмов, в том числе и человека. Важным также можно считать наличие эстетического воздействия. Можно согласиться с тем, что пустынные пейзажи по сравнению с ярко цветущим зеленым лугом или дубравой приносят психологический дискомфорт. Основные показатели, характеризующие экосистему как поставщика продукции: биологическая продуктивность, биомасса, первичная продукция экосистемы, вторичная продукция экосистемы.



.....

Биологическая продуктивность экосистемы есть скорость формирования биомассы. Биологическая продуктивность выражается количеством биомассы, синтезированной за единицу времени.

Биомасса – суммарная масса особей вида (популяции или сообщества), выражаемая обычно в единицах массы сухого или сырого вещества, отнесенных к единицам площади или объема любого местообитания (кг/га , г/м^2 , кг/м^3). Биомасса может выражаться в единицах энергии по отношению к определенной поверхности (Дж/м^2).

Первичная продукция экосистемы накапливается на уровне продуцентов – растений.

.....

Чистая первичная продукция – это то, что остается после использования (если быть точными, то это части синтезированных растениями веществ для собственной жизнедеятельности). Чистая первичная продукция несет энергию, заключенную в растениях, которая становится доступной для гетеротрофов.

Интересным представляется факт, что процесс фотосинтеза, в результате которого ежегодно образуется приблизительно 150 млрд т органического вещества, связывает лишь 0,5% всей энергии, излучаемой Солнцем на Землю в виде видимого света.

Консументы, потребляя растения, расходуя часть потребленной энергии на собственные нужды жизнедеятельности, образуют в конечном итоге вторичную продукцию экосистемы.



.....
Вторичная продукция экосистемы – биомасса, созданная и накопленная на уровне консументов.

Вторичная продукция экосистемы – это вес всех животных организмов данной экосистемы, накопленный за год. Если бы речь шла о биомассе, то это общий вес тел консументов экосистемы. Естественно, он коррелирует с показателями первичной продукции, согласно термодинамическим законам прохождения потока биомассы, точнее энергии, по трофическим цепям.

Очевидно, существование большого числа трофических уровней невозможно из-за быстрого приближения биомассы и заключенной в ней энергии к нулю. Графически это можно представить в виде *пирамиды биомассы* (рис. 2.4).

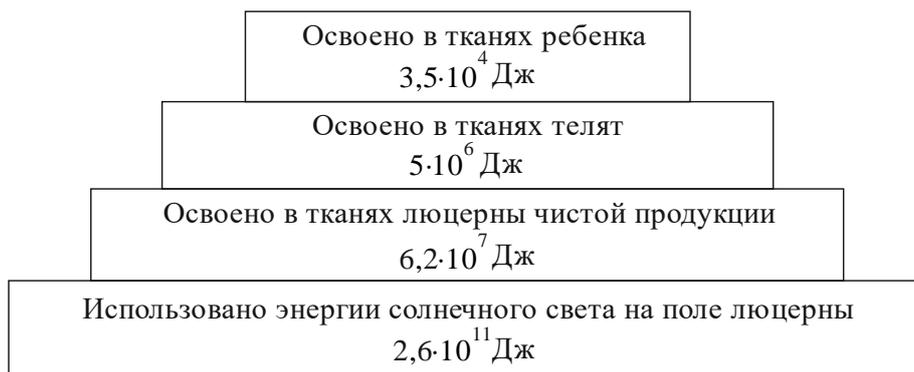


Рис. 2.4 – Пирамида передачи энергии по пищевой цепи
(по Ю. Одуму, 1975) [20]

Причина резкого снижения биомассы при повышении трофического уровня заключается главным образом в том, что большая часть потребляемой пищи используется организмами для получения энергии (движение, обмен веществ, производство потомства, поиск пищи, охрана участка обитания), а на формирование тел консументов ее идет относительно мало.



.....
 Продуктивность экосистем варьирует в разных местах планеты. Наиболее продуктивными считаются экосистемы коралловых рифов и тропического дождевого леса (2 200–2 500 г сухого растительного материала на 1 м² в год). Далее следуют леса умеренного пояса, тайги,

возделываемые земли, континентальный шельф океана (600–1 200 г сухого растительного материала на 1 м² в год). Экосистемы тундр, открытого океана еще менее продуктивны, их показатели составляют 120–140 г сухого растительного материала на 1 м² в год. Минимальной продуктивностью обладает пустыня (всего 3 г).

.....

Ограничивающими или лимитирующими производство первичной продукции факторами могут быть: недостаток воды, ограничивающий скорость фотосинтеза; нехватка минеральных солей, снижающая скорость образования фотосинтезирующей ткани; низкая для роста растения температура; падение значительной части радиации на непокрытую фитомассой землю; недостаточное развитие почвы; большое количество пасмурных дней. В течение года продукция сообщества обычно лимитируется чередованием факторов [2].

2.6 Динамика экосистем

Одно из основных свойств экосистем – их динамизм, изменчивость. Облик биогеоценоза – это не что-то статичное, остающееся неизменным на века.

Можно говорить о суточных и сезонных изменениях экосистем. Примерами суточных изменений могут служить приливы и отливы, смена дня и ночи, смена времен года. Все это вызывает определенные изменения фитоценозов (сообществ растений) и зооценозов (сообществ животных). Но все эти изменения, будь то зимняя спячка животных или их миграции, прекращение фотосинтетических функций растениями, обратимы. Любому человеку ясно, что при изменении факторов среды начнется новый цикл изменения в экосистеме: активизируются дневные виды животных, начнут фотосинтезировать растения, вернутся перелетные птицы.

Но бывают и другие изменения экосистем. Многолетние наблюдения за заброшенным полем показывают, что его последовательно занимают сначала многолетние травы, затем кустарники, которые впоследствии сменяет древесная растительность.

.....



*Направленные изменения экосистем называются сукцессиями (от лат. *succesio* – преемственность, последовательность).*

.....

Открытие сукцессии – результат работы американских ботаников. Первый из них, Генри Коулс, занимался изучением растительности на побережье озера

Мичиган, которое на протяжении длительного периода мелело и отступало от берега. Он предположил, что возраст сообщества должен увеличиваться пропорционально удалению от кромки воды и, таким образом, смог реконструировать ход всего процесса. Молодые, только что образовавшиеся дюны были заселены многолетними травами, укреплявшими своими корнями зыбучие пески. Затем на их месте появлялись злаки, вслед за ними – кустарники. А уже потом, на более старых и закрепленных дюнах начинали расти деревья, причем в определенной последовательности: сначала сосны, через поколение сменявшиеся дубами и кленами, и, наконец, на наибольшем удалении от берега появлялись буковые деревья – самые тенелюбивые для этой климатической зоны [21].



.....

Сукцессия – это последовательная необратимая смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних сил) или воздействия человека.

.....

В 1916 г. Фредерик Клементс опубликовал классический труд «Растительная сукцессия». Он показал способность биоценозов приспосабливаться и эволюционировать в ходе изменений окружающей среды. Причем если на начальных этапах разные сообщества одной и той же местности могут отличаться друг от друга, то на более поздних стадиях они становятся все более и более схожими. Оказывается, что для каждой области с определенным климатом и почвой характерно только одно зрелое, или так называемое климаксовое, сообщество [21].

Существует несколько классификаций сукцессий, например, по показателям, способным меняться в ходе сукцессии или по причинам запуска процесса. Приведем некоторые примеры оснований классификаций, из которых понятно, что данный процесс может рассматриваться с разных сторон (в принципе все эти примеры отражают отдельные стороны этого сложного явления):

- по масштабу времени (быстрые, средние, медленные, очень медленные);
- по обратимости (обратимые и необратимые);
- по степени постоянства процесса (постоянные и непостоянные);
- по происхождению пускового механизма (автогенные и аллогенные);
- по характеру субстрата, на котором проходит сукцессия (первичные и вторичные);

- по тенденциям изменения продуктивности (прогрессивные и регрессивные);
- по тенденции изменения видового богатства (прогрессивные и регрессивные);
- по антропогенности (антропогенные и природные);
- по характеру происходящих во время сукцессии изменений (автотрофные и гетеротрофные).

Если классифицировать сукцессии на основе протекающих процессов, то можно выделить две основные группы: эндогенные (*автогенные*), происходящие в результате функционирования сообществ, и экзогенные (*аллогенные*), происходящие в результате внешнего воздействия. Движущей силой эндогенных сукцессий является несбалансированный обмен вещества в сообществе.

Классическим примером может служить процесс зарастания озера. Часто причиной проявления первой стадии этого процесса – появления сплавины из водных растений на поверхности (рис. 2.5) – является поступление органических стоков в водоем, вызывающее бурный рост растений как дополнительный источник питательных веществ.



Рис. 2.5 – Эвтрофикация – зарастание озера водной растительностью

Экологи разделяют сукцессии на две группы в соответствии с их происхождением относительно характера субстрата.

Первичная сукцессия – это обоснование и развитие растительных сообществ во вновь образовавшихся местообитаниях, в которых прежде растений не было (на песчаных дюнах, застывших потоках лавы, породах, обнажившихся в результате эрозии или отступления льдов) (рис. 2.6).



Рис. 2.6 – Породы, обнажившиеся в результате выветривания, заселяются растениями

Первичные сукцессии развиваются параллельно с почвообразованием под влиянием постоянного попадания извне семян, отмирания неустойчивых к экстремальным условиям сеянцев и лишь с определенного времени – под влиянием межвидовой конкуренции.

Вторичная сукцессия – это восстановление естественной растительности в какой-либо местности после серьезного разрушения.



Пример

В качестве примера вторичной сукцессии обычно приводят ельник, уничтоженный пожаром. На занимаемой им ранее территории сохранились почва и семена. Травяное сообщество образуется уже на следующий год. Далее возможны варианты: во влажном климате доминирует ситник, затем он сменяется малиной, она – осинкой; в сухом климате преобладает вейник, он сменяется шиповником, шиповник – березой. Под покровом осинового или березового леса развиваются растения ели, со временем вытесняющие лиственные породы. Восстановление темнохвойного леса происходит примерно за 100–150 лет (рис. 2.7).

Далеко не всегда сукцессия доходит до конечной стадии. Например, восстановление дубравных сообществ в Московской области обычно не происходит, поскольку лес вновь вырубается [7].

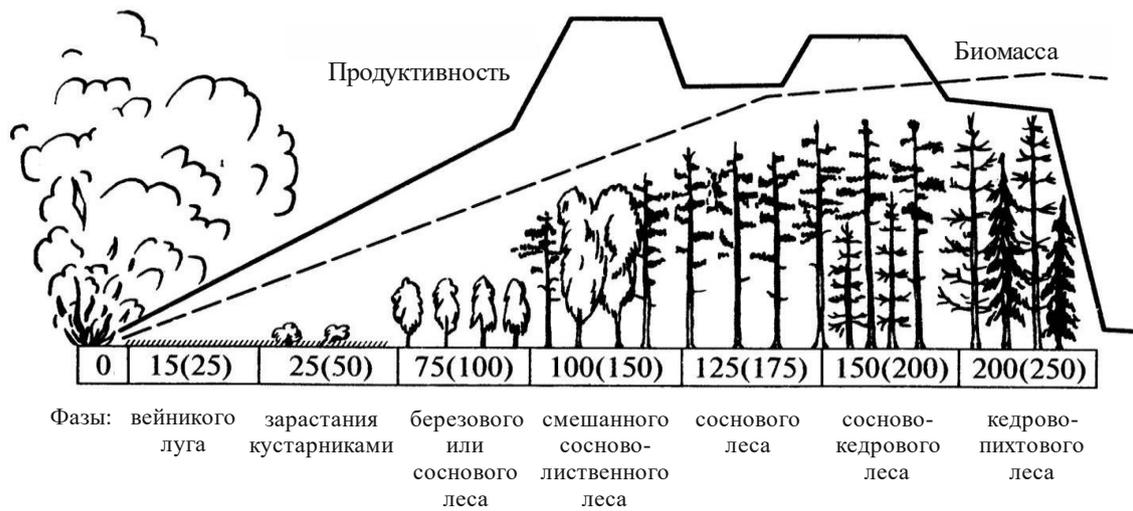


Рис. 2.7 – Сукцессионный процесс, развивающийся на месте пожара.

Внизу – шкала времени (годы) [22]

Для Томской области, помимо сукцессий, начинающихся на месте лесных вырубок или пожаров, выделяют сельскохозяйственные сукцессии, связанные с выведением из хозяйственного пользования сельскохозяйственных угодий на юге Томской области. В результате распаханые ранее земли зарастают лесом, проходя луговую и кустарниковую стадии. Второе динамическое явление – распад наиболее сукцессионно зрелых темнохвойных (преимущественно пихтовых) древостоев в подтайге Томь-Яйского междуречья, что формирует территорию высыхания. Это характерно в целом для Сибири и Дальнего Востока начиная с конца XX в. Причиной этого явления часто называют почвенно-климатические факторы и антропогенное воздействие.

2.7 Устойчивость экосистемы



.....

Устойчивость экосистемы – это способность экосистемы сохранять свою структуру и функциональность под воздействием изменяющихся факторов среды или возвращаться в исходное состояние после снятия внешнего воздействия, выведшего ее из равновесия.

.....

Различают два вида устойчивости:

- резистентная устойчивость – способность оставаться в устойчивом состоянии под нагрузкой;
- упругая устойчивость – способность быстро восстанавливаться при снятии нагрузки.

Нетрудно заметить, что эти два вида устойчивости соотносятся с определением этого термина. В пример можно привести повреждение напочвенного травяного покрова зоны отдыха в результате чрезмерного вытаптывания. На территориях, имеющих достаточный запас влаги в почве, такое воздействие относительно быстро может быть нивелировано зарастанием проложенных тропинок при снятии рекреационной нагрузки. Имеет место упругая устойчивость. Примером резистентной устойчивости послужит водоем, где происходит интенсивный водообмен. Даже при дополнительном поступлении органических стоков не происходит процесс эвтрофикации. Понятно, что любая экосистема устойчива в определенных диапазонах воздействия фактора. Выход фактора за пределы диапазона толерантности может нарушить устойчивость экосистемы.

Механизмы устойчивости определяются различными факторами. Это могут быть показатели ежегодной продуктивности, запасы органического вещества, не используемые в постоянном круговороте, разнообразие местообитаний – высокая гетерогенность среды. Все эти факторы позволяют отреагировать системе на возросшее давление фактора через перераспределение ресурсов.

Классически при рассмотрении устойчивости экосистемы рассматривают показатель биологического разнообразия и сложность трофических связей организмов, входящих в ее состав. Объясняется это тем, что в богатых видами экосистемах у консументов есть возможность избирать разные виды пищевых объектов, и в первую очередь наиболее массовые. Если потребляемый пищевой объект становится редким, то консумент переключается на питание другим видом, а первый, освобожденный от пресса выедания, постепенно будет восстанавливать свою численность. Благодаря такому переключению поддерживается динамическое равновесие между пищевыми ресурсами и их потребителями и обеспечивается возможность их длительного сосуществования.

Устойчивость сообщества можно рассмотреть через призму теории экологической ниши.



.....
Под экологической нишей понимают положение вида, которое он занимает в сообществе, комплекс его связей с другими видами и условиями окружающей среды.

Понятие «экологическая ниша» следует отличать от понятия «местообитание». В последнем случае речь идет о части пространства, где живет вид, имеются необходимые условия для его существования. Экологическая ниша вида

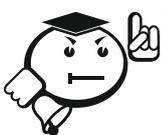
определяется не только условиями среды. Она характеризует весь его образ жизни. По образному выражению американского эколога Ю. Одума, местообитание – это «адрес» вида, а экологическая ниша – его «профессия» [13].

В многовидовом сообществе совместно живущие виды занимают различные экологические ниши, то есть специализированы в использовании основных ресурсов среды обитания. Однако по дополнительным ресурсам возможно перекрывание экологических ниш, что способствует повышению устойчивости природных сообществ. Когда какой-либо вид выпадает из состава сообщества, его роль берут на себя другие виды. Например, если в хвойных лесах Сибири вместо соболя поселится куница, сообщество сохранит свои основные черты, так как представители этих двух видов являются всеядными хищниками. Они питаются мелкими грызунами, птицами, орешками, ягодами и насекомыми, добывая свою пищу на земле и деревьях.

Примером неустойчивости считают агросистему, в идеале состоящую из монокультуры. Такие системы легко повреждаются вредителями и, надо отметить, при выведении земель из сельхозоборота природные механизмы быстро нарушают однообразие биоценоза, даже если у него есть возможность возобновления.

Тем не менее, высокое видовое разнообразие не является гарантом устойчивости экосистемы. Дождевые тропические леса обладают высоким видовым разнообразием и продуктивностью. Однако в силу высокой скорости круговорота в системе и климатических условий они не обладают резервным запасом органики в почве (либо он очень мал), и любое нарушение, например сведение леса, может не запустить сукцессионные механизмы возврата к прежнему сообществу. На месте тропических лесов образуется пустыня. Это пример того, что экосистема, обладающая высоким биоразнообразием, обладает при этом низкой резистентной устойчивостью.

Устойчивость экосистемы обеспечивается на уровне популяции и биоценоза, когда включается механизм, действующий *по принципу обратной отрицательной связи*. Здесь ведущую роль играют экологические факторы, значимость которых усиливается или ослабевает в зависимости от численности особей в популяции или сообществе, осваивающих, делящих тот или иной ресурс.



.....

К зависимым от плотности факторам, действующим по принципу обратной отрицательной связи, относятся различные формы межвидовых и внутривидовых отношений.

.....



Пример

Пример по пищевым ресурсам: при росте плотности популяции снижается обеспеченность ее особей пищей – еды просто может не хватать. Вследствие этого снижается плодовитость особей, что предотвращает дальнейший рост численности популяции.

Пищевой и топический ресурсы как факторы действуют на уровне внутривидовых и межвидовых отношений.

Действие плотностно-зависимых факторов на уровне межвидовых отношений демонстрирует пример инфекционных заболеваний (отношения типа «паразит – хозяин»). Вероятность передачи инфекции возрастает с ростом плотности популяции. По мере распространения эпидемии часть животных гибнет, плотность снижается, а это, в свою очередь, снижает меру давления фактора инфекции.

Существуют данные, показывающие влияние численности популяции видов-хищников на популяцию видов-жертв и наоборот. Классическим примером являются взаимозависимые колебания численности популяций американского зайца-беляка и канадской рыси, прослеженные на протяжении более чем ста лет, благодаря данным охотничье-промысловой компании «Гудзонов залив». При высоком отношении численности рыси к численности зайца хищник переключается на второстепенные по значимости для них в пищевом отношении виды – боровую дичь. В этот период рысь поедает большое количество боровой дичи, а при низком соотношении численностей «рысь/заяц» – небольшое. Это служит причиной возникновения колебаний численности у второстепенных растительноядных животных (боровая дичь – глухаря, рябчика, тетерева, куропатки).

Заяц-беляк преобладает среди растительноядных животных исследуемого региона. Он питается кончиками побегов многочисленных кустарников и небольших деревьев. Сильное объедание растений приводит к тому, что растения образуют побеги с высоким содержанием веществ, снижающих пищевую привлекательность для зайцев. Растения остаются защищенными таким образом в течение 2–3 лет после сильного объедания. Это приводит к задержке между началом снижения численности зайца и восстановлением его кормовых запасов. Хищники же следуют за колебаниями численности зайцев, а не вызывают их.

Таким образом, функционирование этого сообщества определяется взаимодействием консументов и продуцентов «зайцы – растения», что вызывает колебания численности зайца. Хищники повторяют колебания их численности, а циклы численности у растительноядных птиц вызваны изменением пресса хищников. Во всех этих взаимосвязанных цепочках действуют обратноотрицательные связи, которые, дополняя друг друга, определяют колебания продуктивности данного сообщества и поддерживают его устойчивость [73].



Выводы

Общий принцип действия плотностно-зависимых факторов – принцип отрицательной обратной связи. Ситуация, когда увеличение первой величины (плотности, численности) вызывает рост второй величины (силы воздействия фактора), а этот рост, в свою очередь, приводит к уменьшению первой величины, называется действием по принципу отрицательной обратной связи. Работа этого механизма также является гарантом устойчивости экосистемы.



На действии системы отрицательных обратных связей основывается универсальный принцип Ле Шателье: при воздействиях на систему в ней развиваются процессы, стремящиеся ослабить внешнее негативное влияние.

Важным фактором устойчивости экосистемы является генетическое разнообразие особей популяций. Изменение условий внешней среды может вызвать гибель большинства особей популяции, адаптированных к прежним условиям существования. Поэтому чем более генетически разнородной является та или иная популяция экосистемы, тем вероятнее наличие в ней организмов с аллелями, ответственными за появление признаков и свойств, позволяющих особям выжить и размножиться в новых условиях и восстановить прежнюю численность популяции. Время, необходимое для восстановления популяции, будет зависеть от скорости размножения особей и от факторов внешней среды [25].



Выводы

Пути получения энергии продуцентами – фототрофами и хемотрофами – различны, но направлены они на синтез органических соединений.

Главная роль в синтезе органических веществ принадлежит зеленым растениям. Каждый год фотосинтезирующими организмами на Земле создается около 150 млрд т органического вещества, аккумулирующего солнечную энергию, выделяется около 200 млрд т свободного кислорода. За год наземные растения усваивают до 3% всего CO_2 земной атмосферы, это примерно 20 млрд т. В составе синтезируемых из CO_2 углеводов аккумулируется до 41 018 кДж энергии света.

На первый взгляд кажется, что зеленые растения независимы от других организмов. Однако если бы на Земле существовали только зеленые растения, то в конце концов все минеральные вещества оказались бы связанными в этих растениях (как в живых, так и в мертвых) и их рост бы прекратился. Консументы и редуценты, обладающие, соответственно, гетеротрофным и сапротрофным типами питания, включаются в трофическую (пищевую) цепочку, разлагают сложные молекулы органических веществ, из которых состоят живые организмы, до простых неорганических соединений. Таким образом они поставляют питательные вещества продуцентам, запуская новый виток круговорота. Без включения каждой категории (продуцентов, консументов, редуцентов) организмов в сообщество круговорот веществ и энергии оказался бы незавершенным, экосистема потеряла бы устойчивость и прекратила существование.

Продуктивность экосистем обеспечивается в процессе прохождения вещества по сетям питания. Она складывается из биомассы продуцентов и консументов. На каждом трофическом уровне теряется приблизительно 90% энергии и только 10% энергии способно включиться в биомассу организмов следующего трофического уровня. Поэтому организмы высоких трофических уровней (консументы 2–4-го порядков) обладают в сумме меньшей биомассой, чем организмы низких трофических уровней (продуценты, консументы 1-го порядка – травоядные). Именно поэтому пищевая цепь не может иметь большого количества звеньев.

Всякая экосистема динамична и изменяется во времени. Этот процесс, если он направлен, носит название сукцессии. Вместе с тем в экосистемах действуют механизмы, основанные на принципе отрицательных обратных связей, регулирующие взаимодействие ее компонентов и способствующие стабильности экосистемы относительно конкретных условий ее существования, так называемой динамической стабильности.

.....



.....
Контрольные вопросы по главе 2
.....

1. Из каких двух больших компонентов состоит экосистема?
2. В чем отличие понятий «биогеоценоз» и «экосистема»?
3. Представители каких групп по типу питания составляют биоценоз?
4. Чем редуценты отличаются от консументов по их роли в круговороте вещества в экосистеме?
5. Что такое сукцессия?
6. Как вы понимаете выражение «динамическое равновесие» с точки зрения устойчивости экосистемы?
7. Биологическое разнообразие экосистемы гарантирует ее устойчивость. Верно ли это выражение?

3 Основные положения учения о биосфере

Учение В. И. Вернадского о биосфере. Ноосфера – новый этап эволюции биосферы.

3.1 Учение В. И. Вернадского о биосфере

Глобальной экосистемой планеты является биосфера. Это экосистема, в которую входят и в пределах которой осуществляют все взаимодействия экосистемы разного масштаба – от небольшого озера до огромных по территории биомов.

Термин «биосфера» был предложен австрийским геологом Эдуардом Зюссом в 1875 г. Он применил этот термин в своей книге о происхождении Альп. Однако это упоминание при первом употреблении не вошло в научный обиход. Только в 1926 г., при написании научного труда «Биосфера» русским ученым В. И. Вернадским были сформулированы основные положения концепции биосферы, принятые до настоящего времени.

Под биосферой Вернадский понимал слои земной коры, которые в течение всей геологической истории подвергались влиянию живых организмов. В настоящее время некоторыми учеными биосфера определяется только как слой планеты, охваченный потоком современного развития жизни и трансформации вещества. Мы будем придерживаться классического варианта определения термина «биосфера» и включать в ее состав геологические слои, контактирующие когда-либо с живыми организмами.



.....

Биосфера – оболочка Земли, область распространения жизни, в которой находится вся совокупность живых организмов, и та часть вещества планеты, которая участвует или участвовала в процессе непрерывного обмена с этими организмами.

.....

В биосферу входит и вещество, сформированное при взаимодействии с живыми организмами в разные геологические эпохи.

С одной стороны, Вернадский рассматривал биосферу как оболочку Земли, в которой существует жизнь. В этом плане он различал газовую (атмосфера), водную (гидросфера) и каменную (литосфера) оболочки земного шара как

составляющие биосферы, области распространения жизни. С другой стороны, ученый подчеркивал, что биосфера – не просто пространство, в котором обитают живые организмы; ее состав определяется деятельностью живых организмов, представляет собой результат их совокупной химической активности в настоящем и в прошлом.



.....

Всю совокупность живых организмов В. И. Вернадский обозначил термином *живое вещество*, противопоставляя его *косному веществу*, к которому относил все геологические образования, не входящие в состав живых организмов и не созданные ими. Третья категория вещества в биосфере, по В. И. Вернадскому, – это *биокосное вещество*. Сюда он причислял комплекс взаимодействующих живого и косного веществ (океанические воды, нефть и т. п.). Важнейшее значение как биокосное вещество имеет почва. Наконец, существует *био-генное вещество* – геологические породы, созданные деятельностью живого вещества (известняки, каменный уголь и т. п.).

.....

В. И. Вернадский считал, что земная кора представляет собой остатки бывших биосфер. Фундаментальным отличием живого вещества от косного является его способность воспроизводства себе подобных, эволюционный процесс. Многообразие форм жизни и их многофункциональность создают основу устойчивого круговорота веществ и канализированных потоков энергии. В этом специфика и залог устойчивости биосферы как уникальной оболочки земного шара.

Итак, биосфера, по В. И. Вернадскому, представляет собой одну из геологических оболочек земного шара, глобальную систему Земли, в которой геохимические и энергетические превращения определяются суммарной активностью всех живых организмов – живого вещества. Человечество входит в эту систему как ее составная часть и как живое вещество непрерывно связано с материально-энергетическими процессами, происходящими в биосфере. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту [7].

С другой стороны, человечество является в настоящий момент основным фактором воздействия на многие процессы, идущие на планете. Антропогенные изменения среды имеют глобальный характер. Это воздействие распространяется на все химические элементы: изменяется их геохимическая история, интенсифицирован обмен атомов живого вещества с косной материей. Нарушается

равновесие в миграции элементов, установленное в течение геологического времени. Растущая обратимость геохимических циклов традиционных элементов, включение в круговорот искусственно созданных элементов порождает необходимость принятия человечеством ответственности за современное и будущее состояние планеты.



Выводы

В своем главном труде В. И. Вернадский обосновал несколько идей, которые в той или иной мере связаны с живым веществом биосферы.

1. Глобальные изменения Земли – это геохимические и энергетические превращения, которые определяются энергетической активностью всех живых организмов – живого вещества. Биосфера – не просто пространство, в котором обитают живые организмы. Ее состояние, определяющееся деятельностью живых организмов, представляет собой результат их энергетических преобразований и химической активности в настоящем и прошлом.
2. В. И. Вернадский не только конкретизировал и очертил границы жизни в биосфере, но и всесторонне раскрыл роль живых организмов в процессе планетарного масштаба. Образование биосферы обеспечивается совокупностью факторов: силой земного притяжения, силой космического излучения, количеством кислорода и углекислого газа (их соотношением), температурой, интенсивностью коротких ультрафиолетовых лучей.
3. В. И. Вернадский считал, что надо исследовать не только внутреннюю структуру живого вещества, его составные части, но и более крупные структуры: биосферу, взаимодействующие сферы Земли и земную кору – область былых биосфер, великую каменную летопись геологической истории, хранилище информации о прошлом земли, об истории жизни.
4. В своих работах Вернадский не ограничился общим описанием биосферы и выяснением ее общих закономерностей. Он показал место биосферы в системе других геосфер планеты.
5. Вернадский связал учение о биосфере с деятельностью человека, не только геологической, но и вообще с многообразными проявлениями бытия личности и жизни человеческого общества [25].

3.2 Некоторые сведения о строении биосферы

Планета Земля состоит из концентрических оболочек (геосфер), как внутренних, так и внешних. К внутренним относятся ядро и мантия, а к внешним: литосфера – каменная оболочка Земли, включая земную кору толщиной от 6 (под океаном) до 80 км (горные системы); гидросфера – водная оболочка Земли; атмосфера – газовая оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли. В общем цифры можно представить так: нижняя граница в литосфере: 3,5–7,5 км. Она определяется температурой перехода воды в пар и температурой денатурации белков, однако в основном распространение живых организмов ограничивается вглубь несколькими метрами. Нижняя граница в гидросфере: 10–11 км (Марианская впадина), которая определяется дном Мирового океана, включая донные отложения.

Ту часть биосферы, в которой в настоящее время постоянно встречаются живые организмы, называют *эубиосферой*, ее границы несколько уже. На рисунке 3.1 схематически представлены эти границы [26].

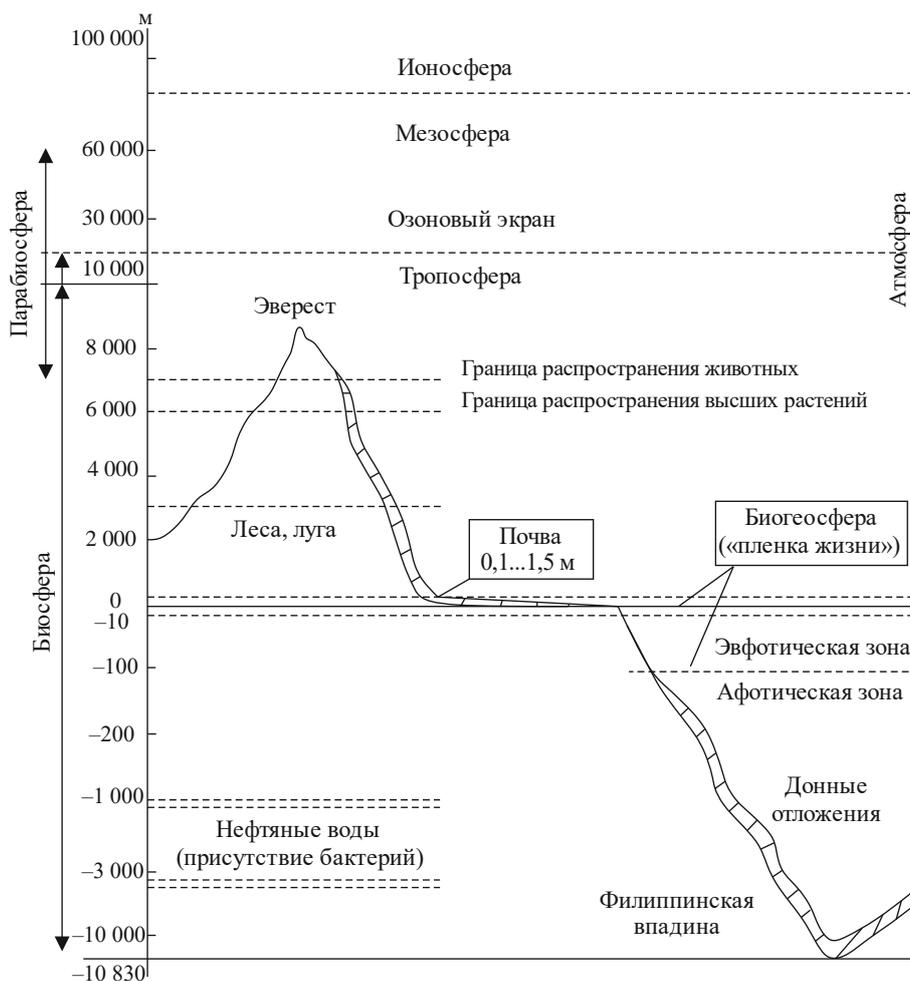


Рис. 3.1 – Строение биосферы (по В. И. Вернадскому) [26]

Распространение живого вещества и границы биосферы

Живое вещество распределено в биосфере крайне неравномерно. Его максимум приходится на приповерхностные участки суши (особенно велика биомасса тропических лесов) и гидросферы, где в массе развиваются зеленые растения и живущие за их счет гетеротрофные организмы. Более 90% всего живого вещества биосферы планеты, образованного главным образом углеродом, кислородом, азотом и водородом, приходится на наземную растительность (97–98% биомассы суши). Общая масса живого вещества биосферы планеты оценивается в $1,8–2,5 \cdot 10^{18}$ г (в пересчете на сухое вещество), что составляет небольшую часть общей массы биосферы, которая равна приблизительно $3 \cdot 10^{24}$ г. Тем не менее Вернадский, опираясь на многочисленные данные, считал живое вещество наиболее мощным геохимическим и энергетическим фактором, ведущей силой планетарного развития [27].

Более точные границы биосферы не просто обозначить и сегодня. Для их выявления используют сведения о сфере распространения живых организмов. Рассмотрим, какие физико-химические условия определяют существование живых организмов. Во-первых, это достаточное количество углекислого газа и кислорода. В Гималаях распространение зеленой растительности ограничено высотой 6 200 м, где парциальное давление углекислого газа вдвое ниже, чем на уровне моря. Однако и выше 6 км встречаются виды пауков и насекомых, которые питаются органическими остатками, занесенными ветром. Считается, что в биосферу входит нижний слой атмосферы – тропосфера, который простирается до высоты 8–10 км в полярных широтах и до 16–18 км в тропиках. Во-вторых, фактором, ограничивающим существование живых организмов, является достаточное количество воды, обеспечивающее нормальный ход ферментативных процессов в организме. Известно, что половина воды, содержащейся в корнях растений, обновляется в течение нескольких минут. Круговорот воды на суше в значительной степени определяется транспирацией растений. При всем этом возможно, что на поверхности Земли нет таких участков, где жизнь ограничена водой. Даже в наиболее сухих пустынях Африки под слоем сухого песка встречаются жуки-чернотелки, они обходятся без атмосферной и почвенной влаги, получая ее только с пищей, а пища приносится по воздуху (останки животных, насекомые и др.). В-третьих, для живых организмов необходим благоприятный термический режим, исключающий высокие температуры, при которых происходит свертывание белков. Низкие температуры вызывают прекращение работы

ферментов в организмах и тоже являются лимитирующими факторами распространения.

Прокариоты (простейшие безъядерные организмы) обитают в горячих источниках при температуре до 98°C, а в подземных водах – и при 100°C. В прибрежных водах Антарктиды живут прокариоты, отделенные от внешнего мира слоем льда в 420 м. Укрывающий их панцирь существует не менее 120 тыс. лет. Известны бактерии, которые переносят двадцатичасовое пребывание при температуре –252°C. В подводных гейзерах Восточно-Тихоокеанского хребта обитают термофильные бактерии, способные размножаться при температуре +250°C. Таким образом, температурная амплитуда существования одноклеточных – 600°C.

Диапазон давления, при котором возможна жизнь, изменяется от 8 000 атмосфер (выживают дрожжи) до 10–11 мм рт. ст. (выживают одноклеточные организмы). Океан заселен полностью. Углекислый газ океанических вод усваивается автотрофными растениями в ходе фотосинтеза, создаваемое ими органическое вещество обеспечивает существование всех морских организмов, даже на глубинах более 10 км живут многоклеточные организмы типа иглокожих – представители голотурий. Распространение жизни в глубь донных осадков ограничивается десятками долями метров, максимально – единицами метров. В. И. Вернадский предполагал, что вся осадочная оболочка Земли заселена бактериями, но его предположение не подтвердилось. Нижняя граница биосферы на континентах ограничена температурой и концентрацией солей. В Западной Сибири активная и разнообразная анаэробная микрофлора была найдена на глубине более 3 000 м, однако если содержание солей в водах составляет более 270 г/л, то бактерии отсутствуют и на меньших глубинах (до глубины 500 м – в Ангаро-Ленском бассейне, 1 200 м – в Волго-Камском).

Ионизирующие излучения являются мощным фактором разрушения живых организмов. Однако есть микроорганизмы, концентрирующие уран, процветающие в природных зонах радиоактивного заражения. Некоторые их представители живут даже в ядерных реакторах, где доза ионизирующего облучения составляет 2–3 млн рад. В определенных интервалах черносланцевых толщ практически отсутствуют остатки фауны и флоры, кроме отмерших микроорганизмов, бывшая биомасса которых составляет до 10–20% веса пород (баженовская свита границы юрского и мелового периодов в Западной Сибири). Нельзя исключать, что аномальное концентрирование урана микроорганизмами в определенные геологические эпохи преследовало цель утилизировать энергию радиоактивного распада при отсутствии других ее источников.

Иногда под биосферой понимается зона существования не только живых организмов, но и продуктов их жизнедеятельности. В этом случае границы биосферы становятся неопределенными: молекулы кислорода, создаваемого автотрофными организмами, достигают верхних пределов атмосферы, которые оценить можно только приближенно. Наряду с этим продукт жизнедеятельности тех же растений – органический углерод – может перемещаться благодаря вертикальным тектоническим движениям от земной поверхности на значительные глубины, которые также трудно определить с высокой точностью.

В. И. Вернадский определял «былые биосферы» как оболочку Земли, когда-либо подвергавшуюся воздействию жизни, он писал, что земная кора захватывает в пределах нескольких десятков километров ряд геологических оболочек, которые когда-то были на поверхности Земли биосферами [28].



.....
Биосфера – внешняя оболочка Земли, в которую входят часть атмосферы до высоты 25–30 км (до озонового слоя), практически вся гидросфера и верхняя часть литосферы примерно до глубины 3 км.

Все доступные для живых организмов химические соединения в биосфере ограничены. Наличие пригодных для усвоения химических веществ влияет на развитие тех или иных групп организмов на локальных участках суши или океана. По выражению академика В. Р. Вильямса, единственный способ придать конечному свойства бесконечного состоит в том, чтобы заставить его вращаться по замкнутой кривой. Следовательно, устойчивость биосферы поддерживается благодаря круговороту веществ и потокам энергии. Имеются два основных круговорота веществ: большой (геологический) и малый (биогеохимический).

Большой геологический круговорот

Кристаллические горные породы (магматические) под воздействием физических, химических и биологических факторов преобразуются в осадочные породы. Песок и глина – типичные осадки, продукты преобразования глубинных пород. Однако формирование осадков происходит не только за счет разрушения уже существующих пород, но также и путем синтеза биогенных минералов (скелетов микроорганизмов) из природных ресурсов – вод океана, морей и озер. Рыхлые водянистые осадки по мере их изоляции на дне водоемов новыми порциями осадочного материала, погружения на глубину, попадания в новые термодинамические условия (более высокая температура и давление) теряют воду, отвердевают,

преобразуясь при этом в осадочные горные породы. Это пример образования биогенного вещества.

В дальнейшем эти породы погружаются в еще более глубокие горизонты, где и протекают процессы их глубинного преобразования в новых температурных и барических условиях, происходят процессы метаморфизма.

Под воздействием потоков эндогенной энергии глубинные породы переплавляются, образуя магму – источник новых магматических пород. После поднятия этих пород на поверхность Земли, под действием процессов выветривания и переноса снова происходит их трансформация в новые осадочные породы. Таким образом, большой круговорот обусловлен взаимодействием солнечной (экзогенной) энергии с глубинной (эндогенной) энергией Земли. Он перераспределяет вещества между биосферой и более глубокими горизонтами нашей планеты.

Большим круговоротом называется и круговорот воды между гидросферой, атмосферой и литосферой, который движется энергией Солнца. Вода испаряется с поверхности водоемов и суши и затем вновь поступает на Землю в виде осадков. Над океаном испарение превышает осадки, над сушей наоборот. Эти различия компенсируют речные стоки. В глобальном круговороте воды немаловажную роль играет растительность суши. Транспирация (испарение воды листьями) растений на отдельных участках земной поверхности может составить до 80–90% выпадающих здесь осадков, а в среднем по всем климатическим поясам – около 30%. В отличие от большого, малый круговорот веществ происходит лишь в пределах биосферы. Оба типа круговорота взаимосвязаны.

Круговороты планетарного масштаба создаются из бесчисленных локальных циклических перемещений атомов, движимых жизнедеятельностью организмов в отдельных экосистемах, и тех перемещений, которые вызваны действием ландшафтных и геологических причин (поверхностный и подземный сток, ветровая эрозия, движение морского дна, вулканизм, горообразование и т. п.). Наиболее известны и хорошо изучены круговорот азота, кислорода, углерода. Циркуляция этих элементов определяется активным участием живого вещества [7, 25, 27].

В ходе развития жизни неоднократно происходила смена одних групп организмов другими, но при этом всегда поддерживалось более или менее постоянное соотношение форм живых существ, выполняющих те или иные геохимические функции. Например, от палеозоя до нашего времени комплексы организмов, накапливающих кальций, менялись, но аккумуляция этого элемента происходила с относительно постоянной скоростью. Таким образом, совокупная дея-

тельность живого вещества на Земле непрерывно поддерживала режим неорганической среды, необходимой для существования жизни, т. е. относительный гомеостаз в биосфере.



.....

Биосферу можно также определить как сложную динамическую систему, осуществляющую улавливание, накопление и перенос энергии путем обмена веществ между живым веществом и окружающей средой.

.....

3.3 Ноосфера – новый этап эволюции биосферы

В. И. Вернадский еще в 1913 г. писал о появлении нового фактора, который увеличивает количество свободных химических элементов, особенно газов и металлов, на земной поверхности. Это антропогенная деятельность. Человек осуществляет такие химические реакции, которых не было прежде на Земле. Раньше организмы влияли на историю только тех атомов, которые были нужны для их роста, размножения, питания, дыхания. Человек расширил этот круг, влияя на элементы, требующиеся для его технического прогресса. Например, в природе выделение железа, цинка, свинца, алюминия и других химических элементов в чистом виде практически не происходит. Еще более значительна по объему добыча горючих полезных ископаемых. При горении каменного угля и другого топлива идет образование углерода, азота и других продуктов. В масштабах планеты человек меняет обратимые геохимические циклы элементов, нарушает их, включает туда новые процессы; вводит в земную кору новые соединения, еще более неустойчивые в ее термодинамических условиях, чем те, которые существовали ранее, тем самым увеличивает свободную энергию земной коры. Этот процесс имеет глубочайшую связь со всем развитием планеты.

Никому до Вернадского не приходило в голову объединить столь разнообразные и несопоставимые понятия, как «деятельность человека» и «геологический процесс». Идея, что человек – часть природы, в начале XX в. была популярной среди ученых. В книгах Э. Реклю, Л. Мечникова, Ф. Ратцела, Г. Марша приводилось немало примеров конфликта между обществом и окружающей средой, подчеркивался катастрофический эффект от непредвиденных воздействий человека на природу. Но все-таки геологическая роль человека недооценивалась.

Вернадский первым вывел некоторые геохимические и общегеологические закономерности деятельности человека. Он связал геологическую мощь человечества с техническим и промышленным прогрессом.

Развивая эти идеи, А. Е. Ферсман дал название геологической деятельности человека – техногенез. Первоначально Вернадский не использовал термин «ноосфера», который был предложен в 1927 г. французом Э. Леруа. Рассмотрев закономерности эволюции жизни, Леруа пришел к выводу, что в человеке биологическая эволюция исчерпала себя. Он подчеркнул, что дальнейшая эволюция живого вещества на нашей планете будет совершаться другими средствами: индукция, общество, язык, разум. И это будет ноосфера, которая последует за биосферой.

Под ноосферой он понимал не геологическую оболочку Земли, преобразованную человеком, а закономерный этап в развитии живых организмов, когда доминирующая роль в биосфере принадлежит духовному творчеству человека и продуктам его труда.

По представлениям другого француза, Тейяра де Шардена, ноосфера – это прежде всего некий «мыслящий пласт», постепенно разворачивающийся из мира животных и растений и приходящий на заключительном этапе психогенеза к осознанию тождества всего существующего с божеством.

Вернадский вложил в понятие «ноосфера» содержание, отличающееся от вышеуказанных трактовок. В 1938 г. ученый писал: «Мы присутствуем и жизненно участвуем в создании в биосфере нового геологического фактора, небывалого в ней по мощности ... Закончен после многих сотен тысяч лет неуклонных стихийных стремлений охват всей поверхности биосферы единым социальным видом животного царства – человеком. Нет на Земле уголка, для него недоступного. Нет пределов возможному его размножению. Научной мыслью и государственно организованной, ею направляемой техникой, своей жизнью человек создает в биосфере новую биогенную силу. Жизнь человечества при всей ее разнообразности стала неделимой, единой. Событие, происшедшее в захолустном уголке любой точки любого континента или океана, отражается и имеет следствия – большие и малые – в ряде других мест, всюду на поверхности Земли. Телеграф, телефон, радио, аэропланы, аэростаты охватили весь земной шар. Создание ноосферы из биосферы есть природное явление, более глубокое и мощное в своей основе, чем человеческая история ... Это новая стадия в истории планеты, которая не позволяет пользоваться для сравнения, без поправок, историческим ее прошлым. Ибо эта стадия создает по существу новое в истории Земли, а не

только в истории человечества. Научная мысль человечества работает только в биосфере и в ходе своего проявления в конце концов превращает ее в ноосферу, геологически связывает ее разумом» [29, с. 218–219].

Для Вернадского человек прежде всего – носитель разума. Он верил, что разум будет господствовать на планете и преобразовать ее разумно, предусмотрительно, без ущерба природе и людям. Он верил в человека и его добрую волю. «Все человечество вместе взятое, – писал Вернадский, – представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом его трудом. ... Разум человека меняет планету – есть одно из проявлений механизма биосферы» [29, с. 218–219]. Выдающийся мыслитель считал человечество продолжателем дела всех живых организмов: задерживать и перерабатывать солнечную энергию, переводить ее в сложные формы. Такова, можно сказать, космическая функция человечества. Ею определяется основное направление развития и биосферы, и ноосферы.

Разум – результат долгой и направленной эволюции головного мозга животных. Творения человека – это прежде всего продукт мысли, а затем продукт технической реализации идей. Ноосфера расширяется, проникая в космическую бездну и в глубину строения материи благодаря развитию приборов, достижений техники и творческого труда. Заключительный этап в истории биосферы, по Вернадскому, наступил, когда человечество стало решающим фактом преобразования природы.

Вернадский сформулировал основы учения о ноосфере. Рассмотрев закономерности эволюции жизни, он пришел к мнению, что в человеке биологическая эволюция исчерпала себя. Ноосфера – закономерный этап в развитии биосферы, в пределах которого разум человека станет общепланетарной силой, преобразующей лик Земли не только в соответствии с потребностями человека, но и с учетом законов биосферы. «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше... Ноосфера – последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории...» [29, с. 218–219].

Ноосфера – естественное тело, компонентами которого будут литосфера, гидросфера, атмосфера и мир живых организмов, преобразованные разумной деятельностью человека. Со временем в ноосферу будет включено и околоземное космическое пространство.

В то же время Вернадский осознавал, что человечество находится лишь на подступах к ноосфере. С горечью он отмечал, что исчезают многие виды, изменяются соотношения между другими видами, природные экосистемы заменяются искусственными, перестраиваются биотические связи, упрощается структура трофических цепей. Культурные экосистемы обладают меньшей геохимической энергией и сохраняются только при условии дополнительной затраты энергии человеком. Опираясь на данные науки о химическом составе, массе, коэффициенте размножения, скорости распространения и геохимической энергии культурных растений, ученый утверждал, что создаваемые человеком виды обладают меньшей геохимической энергией, чем их дикие предки. Не случайно они проигрывают конкуренцию сорным видам. Замена диких форм культурными дестабилизирует биологический круговорот.

Вернадский был оптимистом. Во время самой разрушительной из войн в истории человечества в трудах ученого звучала уверенность в победе гуманизма и справедливости, он был убежден, что закономерным итогом развития биосферы будет победа разума и гуманизма: «...идеалы нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере» [29, с. 220].



Выводы

Биосфера – относительно тонкая оболочка земного шара, расположенная в пределах гидросферы, литосферы, атмосферы Земли. Характерная ее особенность – это место жизнедеятельности живых организмов в исторический и современный период. Состав этой оболочки определяется биохимической, физической активностью организмов, протекающей с высокой интенсивностью за счет ферментативной активизации биохимических реакций в живых системах. В. И. Вернадский всесторонне, в онтологическом, логическом и гносеологическом аспектах обосновал понимание учения о биосфере как общетеоретической основы всего естествознания в целом. После появления учения о биосфере уже нельзя ограничиваться представлением о естествознании только как о совокупности знаний о природе. Общее естествознание впервые за всю свою историю в лице учения о биосфере получает, наконец, развитую научно-теоретическую форму [28–30].



.....
Контрольные вопросы по главе 3
.....

1. Что такое биосфера?
2. Какие категории вещества, по Вернадскому, составляют биосферу?
3. В чем заключается роль живого вещества в биосфере?
4. Назовите основные идеи В. И. Вернадского относительно концепции биосферы.
5. Какие ученые внесли свой вклад в развитие учения о биосфере?
6. Почему основная линия эволюции биосферы на современном этапе направлена на становление ноосферы?
7. Почему человечество сравнивают с геологической силой?
8. Верно ли утверждение, что человек – часть природы?

Раздел II
Загрязнение компонентов биосферы

4 Основные характеристики загрязняющих веществ

Основные группы загрязняющих и потенциально токсичных веществ и источники их поступления. Влияние антропогенного загрязнения на компоненты биосферы. Приоритетные загрязняющие вещества и их характеристики.

Поступление химических соединений в биосферу определяется естественными процессами абиотического характера, происходящими на планете без вмешательства человека. Так происходило до развития промышленности, но с относительно недавнего периода исторического развития человеческой цивилизации непосредственная деятельность человека и ее последствия приносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды.

4.1 Основные группы загрязняющих и потенциально токсичных веществ и источники их поступления

Экологическая классификация загрязняющих и потенциально токсичных веществ, поступающих в экосистемы, обычно представлена следующим образом:

1. *Неорганические соединения естественного происхождения.* Среди многочисленных неорганических соединений естественного происхождения наибольшее токсикологическое значение имеют металлы и их соединения.

В естественных условиях металлы встречаются в форме руд и минералов. Залегая, по большей части, в нижних слоях литосферы, металлы относительно инертны и доля их включения в круговорот до начала активной разработки месторождений была ничтожно мала. С ростом возможности добычи и использования в хозяйстве включение этих веществ в биосферу становится обычным явлением. В настоящее время металлы можно обнаружить во всех средах биосферы: воздухе, почве и воде. Наибольшее токсикологическое значение имеют ртуть, кадмий, хром, мышьяк, свинец, бериллий, цинк, медь, таллий.

В группу газообразных загрязнителей естественного происхождения входят вещества, находящиеся в газообразном состоянии при нормальной температуре и атмосферном давлении, а также пары летучих жидкостей. Среди наиболее распространенных веществ – монооксид и диоксид углерода, сероводород, оксиды азота, озон, оксиды серы.

К *природным источникам* загрязнения относятся: извержения вулканов, пыльные бури, лесные пожары, пыль космического происхождения, частицы морской соли, продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Уровень естественного загрязнения планеты рассматривается в качестве фонового, который относительно постоянен во времени.

2. *Органические соединения естественного происхождения.* Основными природными источниками органических соединений являются залежи угля, нефти, вулканическая деятельность. Помимо предельных и непредельных алифатических углеводородов, большое токсикологическое значение среди представителей группы имеют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Эти вещества также выделяются при неполном сгорании органических материалов и обнаруживаются в дыме при горении древесины, угля, нефти, табака, а также в каменноугольной смоле.

3. *Загрязняющие вещества антропогенного происхождения.* Это, в первую очередь, синтетические вещества. Известно, что самая обширная база данных по химическим веществам, которые исследует наука, поддерживается и обновляется Американским химическим обществом. В ней содержатся данные примерно о 125 млн веществ (включая сплавы, минералы, смеси), а также более чем о 66 млн молекулярных последовательностей для различных белков и других полимеров. Теперь можно представить, сколько наименований новых, неизвестных редуцентам веществ привносится в биосферу [31].

Практически все вещества так или иначе оказываются участниками каких-либо химических взаимодействий. Основными синтетическими токсикантами могут являться пестициды, лекарственные и косметические препараты, синтетические моющие средства, полимерные материалы, растворители органического происхождения, компоненты различных производств, побочные продукты химического синтеза, боевые отравляющие вещества.



.....
Пестициды – вещества, предназначенные для борьбы с вредителями с целью повышения урожайности и сохранения материальных ценностей.

Основной риск, связанный с использованием пестицидов, обусловлен их накоплением в окружающей среде и живых организмах, перемещением их по пищевым цепям с включением человека. В мире ежегодно регистрируют около

2 млн отравлений пестицидами. Поскольку организмы (насекомые, грибы, бактерии, растения, водоросли), против которых направлено применение этих ядов, относительно легко адаптируются к действию химических веществ, ученым приходится постоянно синтезировать и внедрять в практику новые виды пестицидов. Исторический обзор этой гонки показывает, что токсичность новых препаратов должна быть выше, чем у препаратов, применяемых ранее.

Органические растворители используют на производствах, в сельском хозяйстве, в быту. Это жидкости, плохо растворяющиеся в воде и хорошо в жирах, не распадающиеся в водных растворах на ионы. Обычные органические растворители принадлежат к одной из следующих химических групп: алифатические углеводороды (пентан, гексан, октан и др.); галогенированные алифатические углеводороды (хлороформ: CHCl_3 ; четыреххлористый углерод: CCl_4 ; метилхлорид: CH_2Cl_2 ; трихлорэтилен: $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CHCl}$; винилхлорид: $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$); алифатические спирты (этанол, метанол и т. д.); гликоли и эфиры гликолей (этиленгликоль, диоксан); ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол). Для всех органических растворителей характерна близость токсикологических свойств: они угнетают функции центральной нервной системы, оказывая наркотическое действие. Высокая жирорастворимость этих соединений обеспечивает им относительно легкий вход во внутреннюю среду живых организмов путем растворения в липидном (жировом) слое мембраны клеток.

Лекарства, пищевые добавки, косметику в какой-то мере тоже можно отнести к загрязняющим, а точнее, токсикологически активным веществам. Вес лекарств, выпускаемых в мире, составляет порядок десятков тысяч тонн. Практически любое лекарственное средство при неправильном его использовании может вызвать неблагоприятные эффекты.

Проверку на токсичность, как и лекарственные препараты, проходят косметические средства и пищевые добавки (пищевые красители, антиоксиданты, предотвращающие порчу жиров, консерванты, ароматические вещества, вкусовые добавки). Острые отравления этими веществами отмечаются редко. Однако у чувствительных людей возможно проявление токсических эффектов, особенно при длительном воздействии, что внешне выражается в виде аллергических реакций.



.....

История применения боевых отравляющих веществ как средства массового уничтожения началась 22 апреля 1915 г. с применения газообразного хлора войсками Германии. В ходе Первой мировой

войны было применено около 130 тыс. т высокотоксичных соединений примерно 40 наименований.

.....

В Швейцарии (в г. Женеве) 17 июня 1925 г. был подписан Протокол о запрещении применения на войне удушающих, ядовитых или других подобных газов и бактериологических средств. В последующем, в годы Второй мировой войны химическое оружие применяли в крайне ограниченных масштабах. Несмотря на это, в разных странах были созданы чрезвычайно токсичные фосфорорганические отравляющие вещества. В качестве боевых отравляющих веществ в различное время испытывались хлор, фосген, дифосген, хлорпикрин, мышьяковистый водород, синильная кислота, хлорциан.

В продолжение Женевского протокола в 1997 г. вступила в силу Конвенция по запрещению производства и применения химического оружия. Конвенция предусматривает ликвидацию или использование в других целях мощностей по производству химического оружия; уничтожение всех запасов химического оружия; взаимопомощь между государствами в случае применения химического оружия; инспекции с целью контроля над производством химикатов, из которых может быть изготовлено химическое оружие; международное сотрудничество в мирном использовании химикатов в соответствующих областях [32].

4.2 Влияние антропогенного загрязнения на компоненты биосферы

Характерной чертой любой из сред обитания живых организмов биосферы – атмосферы, гидросферы, литосферы – является преобразование попадающих в них веществ.

Существуют стойкие ксенобиотики, длительно сохраняющиеся и перемещающиеся в среде в неизменном виде. Но большинство веществ подвергается трансформации – абиотической, если задействованы факторы абиотического компонента экосистемы, и биотической, если этот процесс осуществляется при участии живых организмов.

Загрязнение атмосферы

Атмосферные загрязнители разделяют на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом превращения последних.

Например, поступающий в атмосферу сернистый газ окисляется до серного ангидрида, который взаимодействует с парами воды и образует капельки

серной кислоты. Это основной механизм образования кислотных дождей, выпадающих на землю и подкисляющих почву и воду.

При взаимодействии серного ангидрида с аммиаком образуются кристаллы сульфата аммония. Подобным образом, в результате химических, фотохимических, физико-химических реакций между химическими веществами и компонентами атмосферы образуются другие загрязняющие вещества.

Основным источником пирогенного загрязнения на планете являются тепловые электростанции, металлургические и химические предприятия, котельные установки, потребляющие более 70% ежегодно добываемого твердого и жидкого топлива. На выбросы энергетических объектов приходится около 60%, выбросы транспорта составляют 20–25%, промышленности – 15–20%.

В связи со значительным увеличением автомобильного парка постоянно возрастает его роль в загрязнении атмосферного воздуха. Результатом горения топлива является образование большого количества оксидов углерода, азота, серы. Эксплуатация транспортных средств приводит к выбросу в атмосферу свинца, СО, NO, углеводородов.

Загрязнение гидросферы

Гидросфера – это водная оболочка Земли, содержащая поверхностные и подземные воды, а также воду, выпадающую в виде осадков. К гидросфере относят как пресные континентальные воды, так и воды Мирового океана, вода занимает преобладающую площадь поверхности планеты.

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые делают воду данных водоемов опасной для использования, нанося ущерб народному хозяйству, здоровью и безопасности населения. Основными источниками загрязнения и засорения водоемов являются недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов; отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников; обработка и сплав лесоматериалов; сбросы водного и железнодорожного транспорта; пестициды и другие категории веществ.

Загрязнение поверхностных и подземных вод бывает механическое, химическое, бактериальное, биологическое, радиоактивное и тепловое.

Химическое загрязнение – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть органическим (фенолы, нафтеновые кислоты, пестициды и др.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.) и нетоксичным.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов. Этот вид загрязнений часто носит временный характер.

Весьма опасно содержание в воде, даже в очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих *радиоактивное загрязнение*. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в водной среде.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели воды – запах, цвет, прозрачность, вкус.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет выпуск в них неочищенных сточных вод: промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных.

Огромен масштаб нефтяного загрязнения природных вод. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, в зонах сброса с судов балластных вод.

К естественным источникам загрязнения относят сильно минерализованные (соленые воды и прибрежные рассолы) подземные воды или морские воды, которые могут внедряться в пресные незагрязненные воды при эксплуатации водозаборных сооружений и откачке воды из скважин.

Загрязнение почвы

Почва – важнейший компонент любого биогеоценоза. Физико-химические процессы в почве обусловлены деятельностью почвенных организмов, растений, более крупных животных, обитающих в почве, собственно физико-химическими свойствами абиотического компонента почвы. Попадающие в почву чужеродные вещества антропогенного происхождения подвергаются активной биологической и химической трансформации. В почве всегда присутствуют остатки органики – субстрата для микроорганизмов, выполняющих роль редуцентов в экосистемах. Именно редуценты вызывают процессы минерализации и гумификации органики, то есть обеспечивают почвообразование. Активная жизнедеятельность этих организмов наряду с уникальными особенностями физико-химического

состава почв обеспечивает плодородие почвы. Воздействие загрязняющих веществ не только изменяет состав биотического компонента почвы, но и снижает численность и активность ее микроценоза.

Загрязнение литосферы, прежде всего почвы, осуществляется наиболее интенсивно в процессе хозяйственной деятельности человека. Это сельскохозяйственное производство: внесение удобрений, пестицидов. Нарушение принципов внесения оптимальных доз и сроков их внесения может приводить к избытку вносимых элементов. Это сказывается не только на состоянии почвенного покрова, но и на урожае растений. Например, избыточный азот вызывает интенсивный рост вегетативных органов за счет остановки роста генеративных, повышает восприимчивость растений к пониженным температурам. Азот особенно опасен в нитратной форме, так как он не сорбируется почвой, легко перемещается по почвенному профилю вниз и попадает в грунтовые воды. Считается, что повышение концентрации нитратов в питьевой воде до 40–50 мг/л послужило причиной заболевания, связанного с кровеносной системой, выявленного у детей в США, Израиле, Франции, ФРГ и других странах [33].

Аммиачные соединения азота служат источником загрязнения почв и природных вод. Известно, что аммонийный азот, окисляясь до нитратов, способен связывать кислород, что приводит к кислородному голоданию гидробионтов и порче воды. Источником избыточного количества аммиачного азота в почве является не только внесение удобрений, но и отходы предприятий животноводства – птицефабрик, свинокомплексов, а также коммунальное хозяйство урбанизированных систем, сбрасывающее недостаточно очищенные сточные воды. Эти хозяйственные единицы способны создать очаги высокого содержания азота и фосфора в виде органических и минеральных соединений, которые, попадая в почвы и природные воды, локально пересыщают их. Аномально высокие концентрации соединений азота создаются и вокруг многих промышленных предприятий, особенно производящих азотные удобрения.

Для компенсации выноса калия с урожаем используют калийные удобрения. Наиболее часто используют хлорид калия. Однако его применение ведет к накоплению в почве иона хлора, который неблагоприятен для ряда сельскохозяйственных культур. Например, у картофеля он вызывает водянистость клубней.

Пестициды – ядохимикаты для борьбы с сорняками (гербициды), грибковыми болезнями растений (фунгициды) и вредителями (зооциды, инсектициды и др.) – широко применяются в сельском хозяйстве и сохраняют более 30% урожая.

Наибольшее применение находят пестициды органической химии: хлорированные углеводороды, диены, сложные эфиры фосфорных кислот, карбаматы. При обработке посевов пестицидами основная часть их накапливается на поверхности почв и растений. Они адсорбируются органическим веществом почв и минеральными коллоидами. Сорбция токсических веществ обратима. Избытки пестицидов могут мигрировать с нисходящим гравитационным потоком и попадать в грунтовые воды. Накапливаясь в почве, они способны передаваться по цепям питания и вызывать заболевания животных и людей. Наиболее стойкие – хлорорганические соединения и группа диенов. Они могут находиться в почве в течение нескольких лет. Фосфорорганические соединения и производные карбамидной кислоты теряют свою токсичность примерно через 3 месяца после применения и при распаде не образуют токсичных метаболитов.

При внесении пестицидов при помощи авиации они переносятся воздушными потоками на большие расстояния. Многие вещества этой группы и их производные обнаруживаются там, где их никогда не применяли. Например, в Антарктиде. Вместе с поверхностными водами пестициды могут попадать в водоемы и загрязняют воду. Систематическое применение в больших количествах стойких и обладающих кумулятивными свойствами пестицидов приводит к тому, что основным источником загрязнения водоемов становится сток талых, дождевых и грунтовых вод. Процессы естественной детоксикации идут активнее там, где наиболее интенсивны процессы минерализации органического вещества или, другими словами, работают микроорганизмы-редуценты.

Техногенное загрязнение почв

В форме твердых отходов промышленности поступает ежегодно 20–30 млрд т различных веществ, из них 50% – органических. С твердыми отходами на поверхность почв поступают загрязнители окружающей среды. Среди них наиболее опасными считают ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, селен и фтор. Загрязнение почв тяжелыми металлами имеет разные источники, но преимущественное загрязнение ими происходит при сжигании ископаемого топлива: угля, нефти, горючих сланцев. Следовательно, с золой поступили на поверхность почв миллионы тонн металлов, значительная часть которых аккумулирована в верхних горизонтах. Основным источником загрязнения почв свинцом – выхлопные газы автомобилей. Ежегодно с ними поступает более 250 тыс. т свинца.

Тяжелые металлы поступают в почву также с удобрениями и пестицидами. Большинство соединений тяжелых металлов аккумулируются в подстилке и гумусовом горизонте. Распределение тяжелых металлов по поверхности от источника

загрязнения зависит от характера и особенностей источника загрязнения, метеорологических особенностей региона, в частности от розы ветров, геохимических факторов и характера ландшафта. Ареал максимального загрязнения обычно не превышает 10–15 км в радиусе от источника, но небольшие концентрации при попадании в высокие слои атмосферы могут переноситься на значительные расстояния. Металлы вовлекаются в биологический круговорот, передаются по цепям питания и, помимо воздействия на крупные организмы, понижают биологическую активность почв, влияя на жизнедеятельность ее микроценоза. В связи с этим для прогнозирования возможного загрязнения продуктами техногенеза и предотвращения нежелательных последствий необходимо принимать во внимание законы миграции химических элементов в различных природных ландшафтах и геохимических условиях.

Продукты техногенеза в зависимости от их природы и той ландшафтной обстановки, куда они попадают, могут терять токсичность, перерабатываться природными процессами либо сохраняться и накапливаться. В части ландшафтов развиваются процессы самоочищения от техногенных загрязнений, так как продукты загрязнения рассеиваются поверхностными и внутрипочвенными водами. В аккумулятивных ландшафтах продукты техногенеза консервируются и накапливаются.

Ртуть, свинец, кадмий хорошо сорбируются в верхних сантиметрах перегнойно-аккумулятивного горизонта разных типов почв суглинистого состава. Миграция их по почвенным слоям вглубь и вынос за пределы почвенного профиля незначительны. Но в почвах легкого состава (с большой долей фракции песка), кислых и обедненных гумусом, процессы миграции этих элементов усиливаются.

Фтор также оказывает токсическое действие на микрофлору, беспозвоночных животных и растительность. Адсорбция фтора происходит в почвах с хорошо развитым поглощающим комплексом. Растворимые соединения фтора легко перемещаются по почвенному профилю и могут попадать в грунтовые воды.

Цинк и медь менее токсичны, но более мобильны, чем свинец и кадмий. Высокое содержание органического вещества и утяжеление гранулометрического состава почв (глины, тяжелые глины) – это их естественные характеристики, они уменьшают миграционную способность цинка и его соединений, соответственно, обеспечивая накопление в профиле.

Совместное действие тяжелых металлов на живые организмы в почве оказывает более сильное ингибирующее действие (подавляет их жизнедеятельность),

чем при той же концентрации каждого элемента в отдельности. Имеет место явление синергизма, рассмотренное нами в разделе об экологических факторах. В разных типах почв уровень токсичности тяжелых металлов может отличаться на порядок и выше. Установлено, что, например, кадмий на неокультуренных подзолистых почвах оказывает угнетающее действие при содержании 5 мг/кг, а на окультуренных – начиная с 50 мг/кг.



.....

Заслуживает отдельного рассмотрения загрязнение почв бензпиреном – органическим веществом. С продуктами неполного сгорания угля и нефти в почву поступают полициклические ароматические углеводороды, среди которых бензпирен. По токсическому эффекту он относится к канцерогенам.

.....

Почва – конечный резервуар аккумуляции бензпирена. Больше всего его накапливается в гумусовом горизонте. С почвенной пылью, грунтовыми водами, продуктами питания бензпирен может попадать в организм животных и человека. Почвенные микроорганизмы обладают способностью расщеплять бензпирен на нетоксичные компоненты, но процесс поступления превалирует над процессом детоксикации.

Техногенное подкисление почв

Техногенное поступление в атмосферу соединений хлора и соляной кислоты, оксидов азота и азотной кислоты, а также соединений серы приводит к выпадению кислотных дождей, адсорбции почвой газов и изменению реакции почв в кислую сторону. Антропогенное поступление серы в почву и на поверхность растительности происходит в форме диоксида серы и других газообразных соединений и в виде кислотных дождей. Почва сорбирует диоксид серы. Скорость сорбции увеличивается с нарастанием влажности почв, повышением pH, увеличением содержания органического вещества, емкости поглощения и удельной поверхности почв. Воздушно-сухие почвы сорбируют 1–5, а влажные – 9–67 мг SO₂ /г почвы [31]. Почвы сорбируют также и восстановленные соединения серы: сероводород, метилмеркаптан, сероуглерод и др. Диоксид серы в атмосфере окисляется в триоксид серы.

Оксиды серы и азота, выделяемые в процессе техногенеза, при растворении в жидкой фазе облаков и тумана превращаются в кислоты и выпадают с осадками. Выбросы серной кислоты часто сочетаются с выбросами тяжелых металлов, окси-

дов азота и растворов азотной кислоты, соединений хлора, органических компонентов. Эти сочетания или усиливают действие кислотных дождей (с азотной и соляной кислотами, с тяжелыми металлами), или ослабляют его (со щелочно-земельными металлами). На фоновых территориях с осадками поступает 3–6 кг/га серы, в промышленных регионах – 25–30 кг/га. Соответственно, содержание водорастворимой серы в дерново-подзолистых почвах фоновых территорий составляет 5–7 мг / 100 г, вблизи промышленных производств оно возрастает до 20 и более мг / 100 г почвы. Диоксид и триоксид серы могут переноситься воздушными массами на десятки и сотни километров от источника выброса. Ежегодно в атмосферу поступает до 500 млн т кислотных компонентов. Кислотные дожди усиливают кислотность почв и природных вод, вызывают выщелачивание питательных элементов, разрушают структуру почв, нарушают газовый режим, подавляют биоту почв и вызывают другие негативные последствия.

Техногенное подщелачивание почв

При поступлении щелочных, щелочно-земельных и тяжелых металлов с выбросами металлургических заводов, а также аммиака с выбросами комбинатов по производству удобрений происходит подщелачивание почв. Масштабы этих процессов значительно меньше, чем процессов подкисления, и негативные последствия также не столь значительны. Но при этом аномально может возрастать содержание в почвах тех или иных компонентов, что может привести к нарушению необходимых пропорций в элементах питания. Повышенная щелочность почв неблагоприятна для многих сельскохозяйственных растений. К тому же в условиях щелочной реакции среды и промывного режима резко возрастает мобильность органического вещества, что приводит к обеднению почв гумусом [34].

4.3 Приоритетные загрязняющие вещества и их характеристики

Разнообразие загрязняющих веществ делает практически невозможным контроль над содержанием каждого из них в объектах окружающей среды, поэтому выделяют группу так называемых приоритетных загрязняющих компонентов.



.....

Для обоснованного выбора приоритетных химических веществ обычно придерживаются определенных требований, изложенных в

Международной программе по химической безопасности. Приоритетными считают вещества, имеющие следующие характеристики [31, 35]:

- широкое распространение вещества в окружающих человека средах и дозы его воздействия, способные оказать влияние на здоровье населения;
 - устойчивость вещества к воздействию факторов окружающей среды – длительное персистирование, способность к накоплению в организме через включение в пищевые цепи или в естественные круговороты веществ;
 - частота и тяжесть неблагоприятных эффектов, наблюдаемых в состоянии здоровья населения при воздействии токсического вещества; при этом особенно значимы изменения в организме, приводящие к генетическим дефектам, или нарушения развития у потомства, так называемый тератогенный эффект;
 - постоянный характер действия;
 - трансформация химического вещества в окружающей среде или организме человека, приводящая к образованию продуктов, имеющих большую токсичность, чем исходное вещество (так называемый летальный синтез);
 - высокая численность населения, подверженного действию химического вещества (вся популяция, профессиональные контингенты или подгруппы, имеющие повышенную чувствительность к воздействию данного токсиканта).
-

Анализ списка показывает, что около 60% приоритетных загрязняющих веществ относится к хлор- и бромсодержащим соединениям. Странами ООН, участвующими в мероприятиях по улучшению и охране окружающей среды, согласован общий перечень наиболее важных (приоритетных) веществ, загрязняющих биосферу. К их числу обычно относят соединения тяжелых металлов, пестициды, полициклические ароматические углеводороды, хлорорганические соединения, нефтепродукты, фенолы, детергенты, нитраты. Из этого перечня приоритетных загрязняющих веществ наиболее опасными являются тяжелые металлы, полиароматические углеводороды и хлорорганические соединения [31].

Токсикодинамические характеристики опасных и распространенных токсикантов

Наибольшую опасность для человека представляют вещества, длительно сохраняющиеся в окружающей среде и организме и способные, действуя в малых дозах, инициировать хронические интоксикации и специальные формы токсического процесса. Они относятся к органическим соединениям антропогенного происхождения.

Группа полигалогенированных полициклических углеводородов включает галогенопроизводные некоторых ароматических углеводородов, которые содержат бензольное кольцо с атомами хлора (чаще) или фтора.

Галогенированные токсиканты, содержащие один атом кислорода в молекуле, называют дибензофуранами, два атома – диоксинами, если вещества не содержат кислорода, это бифенилы (рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Структура молекул некоторых полициклических углеводородов

Атомы галогенов замещают один и более атомов водорода, входящих в структуру бензольных колец. Вещества могут образовываться при взаимодействии хлора с ароматическими углеводородами в кислородной среде, в частности при хлорировании питьевой воды.

К другим источникам образования этих веществ относятся: термическое разложение различных химических продуктов, сжигание осадков сточных вод и других отходов, металлургическая промышленность, выхлопные газы автомобилей, возгорание электрического оборудования, лесные пожары и производство некоторых видов продукции, например, хлорированные фенолы применяются для сохранения древесины.

В этой группе необходимо рассмотреть диоксины. Разнообразие химической структуры диоксинов определяется числом атомов и типом галогена, возможностью изомерии. В настоящее время общее число веществ этой группы превышает тысячу.



Пример

Особую известность приобрело вещество 2,3,7,8-тетрахлордибензо-парадиоксин (ТХДД). Это дефолиант (вещество, вызывающее опадание листьев), относящийся к категории пестицидов. Его использовали во Вьетнаме, где американцы и их союзники применили не менее 100 тыс. т гербицидов. ТХДД хорошо растворяется в липидах (жирах) и органических растворителях. Практически не летуч, не растворим в воде.

Поэтому вещество накапливается в объектах внешней среды, организмах животных, передается по пищевым цепям. Во внешней среде ТХДД абсорбируются на органических, пылевых и аэрозольных частицах, разносятся воздушными потоками, поступают в водные экосистемы. В донных отложениях стоячих водоемов яд может сохраняться десятки лет. В почве возможна медленная микробная деградация диоксинов.

В Российской Федерации установлен единый регламент на содержание полихлорированных дибензо-парадиоксинов и дибензофуранов в почве – 0,133 пг/г. Ежесуточное предельно допустимое поступление диоксина в организм человека в разных странах определено по-разному: от 1 до 200 пг/кг массы тела.

Диоксины, поступившие в организм с зараженной пищей или ингаляционно, подвергаются медленной биотрансформации. Значительная часть токсиантов накапливается в жировой ткани. Для токсического процесса характерен продолжительный скрытый период. Течение даже острого поражения растягивается на месяцы.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ). ПХБ – это класс синтетических хлорсодержащих полициклических соединений, используемых в качестве инсектицидов. Кроме того, ПХБ широко использовались при производстве электрооборудования, в частности трансформаторов и усилителей (охлаждающие жидкости), а также в качестве наполнителей при производстве красителей и пестицидов, смазочных материалов для турбин, гидравлических систем, текстиля, бумаги, флуоресцентных ламп, телевизионных приемников.

Такое широкое использование ПХБ было обусловлено их высокой термостойкостью, химической стабильностью, диэлектрическими свойствами. В 1970-е гг. была установлена высокая опасность этих веществ, обусловленная способностью длительно сохраняться в окружающей среде и токсичностью для

лабораторных животных. В 1979 г. производство веществ в США было запрещено.

Хлорированные бензолы (ХБ) – это группа химических соединений, используемых в качестве органических растворителей, пестицидов, фунгицидов, компонентов химического синтеза. Они представляют собой молекулу бензола, в которой атомы водорода замещены 1–6 атомами хлора.

Как правило, воздействию люди подвергаются в производственных условиях, однако в последнее время их стали обнаруживать в окружающей среде: воздухе, почве, продовольствии, воде.

Тяжелые металлы. Особое значение приобрело загрязнение биосферы группой веществ, получивших общее название «тяжелые металлы». В их число, согласно решению Целевой группы по выбросам Европейской экономической комиссии ООН, включены Pb, Cd, Hg, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, а также As, Sb и Se [31]. Особое место металлов среди приоритетных химических веществ, загрязняющих биосферу, обусловлено следующими причинами:

1. Скорость извлечения металлов из земной коры человеком выше, чем геологическая скорость их извлечения.
Основными антропогенными источниками металлов служат различные топливные установки, предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающие предприятия, цементные заводы, химические предприятия, гальванические производства и транспорт.
2. В отличие от органических загрязняющих веществ, подвергающихся процессам разложения, металлы способны лишь к перераспределению между отдельными компонентами географической оболочки.
3. Металлы сравнительно легко накапливаются в почвах, но трудно и медленно из нее удаляются. Период полуудаления из почвы цинка – до 500 лет, кадмия – до 1 100 лет, меди – до 1 500 лет, свинца – до нескольких тысяч лет.
4. Металлы хорошо аккумулируются органами и тканями человека, теплокровных животных и гидробионтов.
5. Металлы, особенно тяжелые, высокотоксичны для различных биологических объектов.

Обычно к тяжелым металлам относят группу химических элементов, имеющих плотность более 5 г/см^3 . Для биологической классификации правильнее руководствоваться не плотностью, а атомной массой, т. е. относить к тяжелым

металлам все металлы с относительной атомной массой более 40 атомных единиц массы (а. е. м.) [31].

Из приоритетных металлов наибольшее внимание уделяется четырем, это свинец, ртуть, кадмий и мышьяк.

Кадмий (Cd). Кадмий широко распространен в окружающей среде. Он встречается в природе в форме редких минералов гринокит (CdS) и отавит ($CdCO_4$). Оба соединения обнаруживаются в цинковых и цинково-свинцовых рудах. Антропогенными источниками поступления являются гальванические процессы в производстве, изготовление кадмиево-никелевых батарей, выплавка цинка и свинца, электроанодирование металлов, производство сплавов (с медью, серебром), стабилизаторов пластмасс, красителей, производство и использование фосфатных удобрений, сжигание отходов, угля, бензина; сигаретный дым. Кадмий высокотоксичен, обладает высокой кумулятивной способностью – накапливается в живых организмах.

Поступление в организм осуществляется алиментарным путем – с пищевыми продуктами и водой, а также ингаляционно – через дыхание. Дополнительный источник поступления кадмия в организм – курение. Известно, что растение табак активно концентрирует кадмий, содержащийся в загрязненной почве.

Проявления хронического воздействия кадмия наиболее отчетливо прослеживаются со стороны дыхательной системы и почек. Возможно поражение опорно-двигательного аппарата, нарушение функций сердечно-сосудистой системы. Класс опасности 1.

Ртуть (Hg). Ртуть встречается в природе как в самородном состоянии, так и в соединениях, образуя ртутные минералы: киноварь HgS , тиманит $HgSe$, ливингстонит $HgS_2Sb_2S_3$. Считается, что за геологическое время в биосферу в результате природных процессов (вулканическая деятельность, фумаролы) поступило около $1,6 \cdot 10^{10}$ т ртути. Около 0,1% от этого количества остается в океанах в растворенном виде. Подсчитано, что с XX в. количество ртути, поступающее в окружающую среду в результате антропогенной деятельности, почти в 10 раз превышает ее природное поступление [36].

Основными антропогенными источниками поступления ртути в биосферу являются такие процессы, как получение ртути и ртутьсодержащих веществ, сжигание органического топлива, работа цветной металлургии, коксование угля, производство хлора и соды, сжигание мусора.

Интенсивное антропогенное поступление ртути в окружающую среду нарушило биогеохимический цикл ртути, в результате чего в настоящее время

наиболее распространенными в окружающей среде являются формы соединений ртути, способные взаимодействовать с живыми организмами. Ртуть является тиоловым ядом, следовательно, способна взаимодействовать с белками, точнее и их SH-группами, и обладает широким спектром токсического действия. Особенность воздействия паров ртути – действие на высшую нервную деятельность. Металл относится к первому классу опасности.

Свинец (Pb). Антропогенными источниками поступления свинца в биосферу являются свинцовые и свинцово-цинковые заводы (цветная металлургия); выхлопные газы автомобилей; сточные воды металлообрабатывающего, машиностроительного, нефтехимического, спичечного производств; сжигание каменного угля и бытового мусора.

Свинец, так же как и ртуть, является тиоловым ядом, но менее токсичным, чем ртуть и, например, мышьяк. Поражает ЦНС, периферическую нервную систему, костный мозг, кровь, сосуды, генетический аппарат, клетки. Как и ртуть, относится к первому классу опасности.

Мышьяк (As). Антропогенные источники загрязнения мышьяком – металлургия, поскольку мышьяк является примесью во многих рудах; производство серной кислоты и суперфосфата; сжигание каменного угля, нефти, торфа; производство мышьяка и As-содержащих ядохимикатов; производство кожи; выбросы в воздух с дымом и со сточными водами. Это также тиоловый яд, клинически вызывает нарушение обмена веществ, повышение проницаемости стенок сосудов, как следствие, разрушение эритроцитов крови, разрушение тканей в месте их прямого контакта с мышьяком. Вещество относится к первому классу опасности [32].



Выводы

Загрязнение биосферы – результат выбросов загрязняющих веществ из различных источников. Загрязнения переносятся по воздуху и по воде от источников появления к местам их воздействия. В атмосфере они могут претерпевать изменения при взаимодействии, например, с химическими элементами, входящими в состав атмосферы, включая химические превращения одних загрязнений в другие, еще более опасные вещества; с солнечным излучением – фотохимические реакции; с другими загрязняющими веществами атмосферы.

Вещества, интенсивно загрязняющие биосферу на современном этапе ее эволюции, имеют разное происхождение. В основном они синтезированы

человеком для использования в хозяйственных нуждах. Это касается пестицидов, боевых отравляющих веществ, фармацевтических препаратов и многочисленных компонентов, применяющихся в промышленности. Часто это соединения, относящиеся к группе органических, т. е. содержащих углеродный компонент, что не делает его безопасным для живых организмов. Полиароматические углеводороды и хлорорганические соединения зачастую принадлежат к первому классу опасности. Неорганические соединения, представителями которых являются тяжелые металлы, также извлечены человеком из недр земной коры для удовлетворения хозяйственных нужд. Взаимодействуя с компонентами биосферы, они переходят в иные соединения, часть из которых обладает высокой степенью биодоступности, то есть способна проникать в ткани живых организмов, представляя опасность для их жизнедеятельности.



..... Контрольные вопросы по главе 4

1. На какие группы по происхождению можно разделить загрязняющие вещества? Всегда ли это связано с действием антропогенного фактора?
2. Какие вещества являются причиной образования кислотных дождей?
3. Что такое реакция фотолиза? Какие примеры вам известны?
4. Почему тяжелые металлы определены в категорию особо опасных токсикантов? Назовите представителей этой группы?
5. Для чего применяют пестициды? Какой из пестицидов вам известен?
6. Что объединяет свинец, ртуть, кадмий, мышьяк?
7. Почему опасны диоксины для человека?

5 Возможности биосистем для поддержания устойчивости в условиях загрязнения

Возможности самоочищения экосистем. Взаимодействие токсиканта и организма.

5.1 Возможности самоочищения экосистем

В гл. 3 был рассмотрен вопрос устойчивости экосистем к возмущающим внешним воздействиям и произошло знакомство с некоторыми механизмами поддержания этой устойчивости. Согласно закону Ле Шателье – Брауна, при воздействиях на систему в ней развиваются процессы, стремящиеся ослабить внешнее негативное влияние, это положение в данном случае применимо и к экосистемам, стремящимся сохранить свой гомеостаз.

Что касается взаимодействия с химическими соединениями – ксенобиотиками, чуждыми природной среде, то в процессе трансформации могут происходить как позитивные, так и негативные изменения в экосистемах. И в этом есть одна из опасностей воздействия антропогенного фактора. Механизмы трансформации экосистемы часто не готовы к реализации механизмов устойчивости в данных условиях.



.....

Известно, что большинство веществ в окружающей среде подвергается различным превращениям – трансформации. Различают два вида трансформации: абиотическую и биотическую.

.....

Абиотическая трансформация – это процессы, происходящие в абиотическом компоненте экосистем – без участия живых организмов. Иницируют их абиотические факторы среды: солнечное излучение, ветер, приливы-отливы, температурные условия. Как правило, эти процессы идут с малой скоростью. Основные из них – фотолиз, гидролиз и окисление.

Фотолиз. Свет, особенно ультрафиолетовые лучи, способен разрушать химические связи и, тем самым, вызывать деградацию химических веществ. Фотолиз проходит там, где проникают лучи солнца: в основном в атмосфере, на водной поверхности и верхнем слое почвы, или, точнее, подстилающем субстрате (это могут быть, например, льды). Скорость фотолиза зависит от интенсивности

света и способности реагирующего вещества его поглощать. Ненасыщенные ароматические соединения, например полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), чувствительны к фотолизу и подвергаются такой трансформации. Известно, что солнечный свет инициирует химические реакции в нижней атмосфере. Согласно результатам исследования [37], пировиноградная кислота, которая повсеместно распространена в атмосферных водах (например, туманы и водные аэрозоли), может поглощать солнечный свет, чтобы генерировать высокореактивные радикалы через механизм передачи протонов. Механизм инициируется действием света и способствует созданию более тяжелых продуктов с 6–8 атомами углерода, имеющих более высокую химическую сложность, из которых, предположительно, формируются новые вторичные органические аэрозольные частицы. В данном случае рассмотрено отсутствие процессов самоочищения атмосферы. Образуются предшественники так называемого смога.



Пример

Взаимодействие хлора с молекулами озона под действием света. Хлор, попадающий в воздух даже в небольших количествах, может оказать заметное влияние на концентрацию озона в верхних слоях атмосферы. Основным источником хлора в атмосфере считаются фреоны – фтор- и фторхлоруглеводороды. Они используются не только в холодильных установках, но и в многочисленных бытовых аэрозольных баллонах с красками, лаками, инсектицидами. Молекулы фреонов отличаются стойкостью и способны без изменений переноситься с атмосферными массами на огромные расстояния. На высотах 15–25 км (зона максимального содержания озона в средних широтах) они подвергаются воздействию ультрафиолетовых лучей и распадаются с образованием атомарного хлора и кислорода.

Высвобождающиеся атомы хлора вновь реагируют с озоном, вызывая цепную реакцию. Прежде чем хлор окажется связанным с каким-либо другим элементом, например водородом, может произойти разрушение многих тысяч молекул озона.

Свет способен изменить результаты действия других процессов деградации веществ: гидролиза и окисления. В результате токсичность нового вещества может быть выше, чем у исходного агента. Например, в результате фотоокисле-

ния паратиона (применяется в качестве пестицида) в среде может образовываться параоксон, токсичность которого для млекопитающих существенно выше, чем у исходного вещества.

Фотохимические превращения в окружающей среде 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты, известного гербицида, может приводить к образованию не менее опасного вещества, родственного упоминавшемуся ТХДД.

Гидролиз. Вода, особенно при нагревании, быстро разрушает многие вещества. Эфирные связи, например в молекулах фосфорорганических соединений, высокочувствительны к действию воды, чем определяется умеренная стойкость этих соединений в окружающей среде. Скорость гидролиза также сильно зависит от кислотности воды.

Процессы элиминации физической природы (не связанные с разрушением)

Для этих процессов характерно изменение концентрации ксенобиотиков в регионе путем их перераспределения в компонентах среды.

К процессам элиминации относятся атмосферные явления:

1. *Испарение и выпадение осадков.* Загрязнитель с высоким давлением пара может легко испаряться из воды и почвы, а затем перемещаться в другие регионы с током воздуха. Это явление лежит в основе повсеместного распространения относительно летучих хлорорганических инсектицидов, таких как линдан или гексахлорбензол.

Оксиды азота и серы, находящиеся в атмосфере, быстро вымываются дождями и попадают на почву в виде слабых растворов азотной, азотистой, серной и сернистой кислот. Вблизи действующего вулкана (или работающего предприятия) кислотность дождевой воды может стать опасно высокой и подавить рост и развитие растений, водных и почвенных животных.

2. *Перемещение с токами атмосферы.* Атмосферные токи постоянно циркулируют в пределах всей биосферы, перенося частицы пыли. Перемещение воздушных масс над поверхностью Земли определяется вращением планеты, неравномерностью нагрева ее поверхности солнцем, образованием зон пониженного и повышенного давления, рельефом. На разных высотах скорость, направление воздушных потоков сильно различаются. Мелкодисперсная пыль (1–10 мкм) длительно сохраняется в воздухе, более крупные пылевые частицы быстрее оседают на почву и в воду в месте образования. При этом, чем выше выброс, тем на большее расстояние рассеиваются ксенобиотики. Полициклические ароматические углеводороды, бензпирен и родственные ему соединения как естественного (главным образом вулканического), так и антропогенного происхождения активно

включаются в биосферный круговорот веществ, переходя из одной среды в другую. При этом, как правило, они связаны с твердыми частицами атмосферной пыли.

3. *Сорбция веществ на взвешенных частицах в воде, с последующим осаждением* приводит к их элиминации из толщи воды, но накоплению в донных отложениях. Осаждение резко снижает биодоступность загрязнителя.

4. *Движение грунтовых вод.* Перераспределению водорастворимых веществ способствуют дожди и движение грунтовых вод. Например, распространенный гербицид (из группы пестицидов) атразин, используемый для защиты широколиственных растений в сельском и парковом хозяйстве США, повсеместно присутствует в поверхностных водах. По некоторым данным, до 92% исследованных водоемов США содержат этот пестицид. Поскольку вещество достаточно стойкое и легко растворимо в воде, оно мигрирует в грунтовые воды и там перемещается [32].

Процессы самоочищения в поверхностных водоемах



.....

Под самоочищением поверхностных водоемов подразумевают весь комплекс биологических, физических и химических процессов, которые обуславливают способность водоемов освободиться от загрязнений, образовавшихся в результате распада аутохтонных (местных водных) организмов или загрязнений, вносимых со сточными водами.

.....

Процесс самоочищения водоемов происходит благодаря следующим процессам:

- 1) разбавлению сточных вод водой водоема;
- 2) седиментации (или оседания) взвешенных нерастворенных веществ и яиц гельминтов;
- 3) использованию (поеданию) органических веществ зоопланктоном, рыбами;
- 4) химическим превращениям (окислительно-восстановительным, гидролизу и т. д.);
- 5) биохимическому окислению растворенных, в том числе коллоидных, органических веществ биоценозом микроорганизмов и др.

Окисление. Одним из наиболее мощных путей самоочищения водоемов является биохимическое окисление, направленное на уменьшение органического загрязнения воды. При поступлении в водоем вместе со сточными водами растворенных органических веществ природного и антропогенного происхождения вещества минерализуются благодаря жизнедеятельности сапротрофных водных микроорганизмов, фито- и зоопланктона. Процессы биохимического окисления завершаются нитрификацией с образованием конечных продуктов распада – нитратов, карбонатов, сульфатов и пр.

Важно то, что для биохимического окисления органических веществ необходимо присутствие в воде растворенного кислорода. Его запасы восстанавливаются благодаря диффузии из атмосферного воздуха, поэтому важна чистота водной поверхности, особенно в водоемах со слабовыраженным течением. В водоеме должен присутствовать также биоценоз водных сапрофитных аэробных микроорганизмов.

Известно, что в 1 м³ речной воды в летнее время содержится биоценоз микроорганизмов, общая поверхность которого равняется 5 м². Кроме того, в состав водного биоценоза входят фито- и зоопланктон, различные виды рыб и других водных организмов.

Если в водоем сбрасывают незначительное количество неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод (хозяйственно-бытовых или сточных вод животноводческих комплексов, предприятий пищевой промышленности и т. п.), начиная с места их выпуска, органические вещества подвергаются биохимическому расщеплению.

Установлено, что биоценозы микроорганизмов вдоль течения реки разграничиваются на зоны сапробности.



.....

Под сапробностью подразумевают комплекс физиологических свойств определенного организма, обуславливающий его способность развиваться в воде с тем или иным содержанием органических веществ.

.....

Если сточные воды сбрасывать в небольшие реки, то они почти по всей длине, а большие реки на расстоянии до 60 км фактически выполняют функцию очистного сооружения. В таком сооружении биохимические процессы протекают в определенной последовательности: на участке выпуска биохимические процессы выполняют микроорганизмы, характерные для полисапробной, затем

α -мезосапробной, β -мезосапробной, олигосапробной и, наконец, катаробной зонам. Две последние зоны характеризуются отсутствием загрязнения.

Зоне активной деятельности полисапробных микроорганизмов в водоеме свойственно значительное содержание нестойких органических веществ (белков, жиров, углеводов) и продуктов анаэробного распада (сероводород и другие газы). В α -мезосапробной зоне начинается распад органических веществ с образованием аммиака. В воде содержится много свободной углекислоты, в малых количествах – кислорода. В воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы. Развиваются микроорганизмы, обладающие значительной стойкостью к недостатку кислорода и большому содержанию угольной кислоты. В β -мезосапробной зоне водоемов почти отсутствуют нестойкие органические вещества, которые полностью минерализовались. Концентрация кислорода и углекислоты на таком участке значительно колеблется в течение суток. Днем кислород может перенасыщать воду, углекислота исчезает почти полностью. Ночью же в воде наблюдается дефицит кислорода.

Олигосапробная зона характерна для практически чистых водоемов, где содержится незначительное количество нестойких органических веществ и продуктов их минерализации. Наконец, катаробная зона свойственна чистым водоемам с их микро- и макронаселением (флорой, фауной), аэробными окислительными процессами и незначительным количеством микроорганизмов, свойственных воде водоема [72].

В процессе самоочищения водоемов не только окисляются органические вещества, но и отмирают патогенные, условно патогенные и сапрофитные для кожи и слизистых оболочек человека микроорганизмы. Они гибнут вследствие уменьшения в воде питательных веществ, действия солнечных лучей, конкурентных взаимоотношений с водной микрофлорой, бактерицидного действия антибиотических веществ, выделяемых грибами и другими водными сапрофитами, и т. д.

Весьма ограничена способность водоемов самостоятельно освобождаться от токсических химических веществ, поступающих в них, главным образом, со сточными водами промышленных предприятий. Применительно к таким стойким загрязнителям, как тяжелые металлы, пестициды, другие хлорорганические соединения, способность водоема к самоочищению ограничивается процессами разбавления, сорбции на взвешенных веществах и активном иле с дальнейшей седиментацией и накоплением в донных отложениях. Некоторые экзогенные химические вещества разрушаются в воде водоемов под действием солнечных

лучей в процессе фотолиза, вследствие гидролиза или деструкции, осуществляемой микроорганизмами.

Следовательно, сброс в водоемы сточных вод с различным содержанием в них органических, бактериальных и химических загрязнителей приводит к неминуемому загрязнению водоема. Процессы самоочищения протекают очень медленно и на значительных участках от места сброса сточных вод. Их скорость зависит от мощности водоема, его состояния (уровня загрязнения) выше места выпуска сточных вод, от количества загрязнителей, поступающих со сточными водами.

Способность водоема самоочищаться имеет пределы. В небольших и особенно непроточных водоемах способность к самоочищению незначительна. Исчерпывание способности к самоочищению вследствие продолжительного и чрезмерного поступления неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод неминуемо приведет к загрязнению водоема, а это при использовании ее населением для хозяйственно-питьевых или культурно-бытовых целей может стать причиной отрицательных последствий для здоровья людей.

Защитные свойства почвы



.....
Поглотительная способность почв – это их свойство поглощать твердые, жидкие и газообразные вещества.

Это уникальное свойство почв способствует процессам самоочищения экосистем.

Виды поглотительной способности почв:

- 1) механическая;
- 2) химическая;
- 3) биологическая;
- 4) физическая (молекулярная адсорбция);
- 5) физико-химическая или обменная (поглощение коллоидами)

В последнем виде поглотительной способности почв все коллоидные частицы заряжены и имеют колоссальную суммарную площадь поверхности. Органические вещества, а именно гуминовые и фульвокислоты, формируют коллоиды, как и органоминеральные вещества, а также минеральные вещества. Большинство почвенных коллоидов в силу своей органической природы имеют отрицательный заряд. Коллоидные системы могут включать в себя ионы загрязняющих веществ, как бы консервируя их в относительно инертном состоянии [38].

Абиотические процессы трансформации часто сопровождаются биотическими процессами трансформации. *Биотическая трансформация* веществ выражается в участии превращения исходного вещества в новое с участием живых организмов. Биотическая трансформация протекает с высокой скоростью, ускорение обеспечивают живые организмы, главным образом бактерии и грибы, которые используют ксенобиотики как питательные вещества. Процесс биотического разрушения идет при участии биологических катализаторов – ферментов (энзимов). В основе биопревращений веществ лежат процессы окисления, гидролиза, дегалогенирования, расщепления циклических структур молекулы, отщепления алкильных радикалов. Деграция соединения может завершаться его полным разрушением – минерализацией (это образование воды, двуокиси углерода, других простых соединений). Это оптимальный путь самоочищения экосистемы. Однако, так же, как при абиотической трансформации, возможно образование промежуточных продуктов биотрансформации – веществ, обладающих порой более высокой токсичностью, чем исходный агент.

Совместно с трансформацией может иметь место процесс биомагнификации – накопления вещества в тканях организмов по мере продвижения по пищевой цепи от продуцентов к консументам. Вспомните правило Линдемана, рассмотренное в первой части пособия. Если представить, что 10% биомассы организма продуцента включается в тело того, кто его съел, консумента первого порядка, и в этих 10% концентрируется токсикант, распределенный ранее во всем теле съеденного продуцента, то это означает, что при условии постоянного питания такими организмами концентрация в теле консумента первого порядка токсиканта может вырасти в 10 раз. Если продолжить продвижение по пищевой цепи, то на следующем уровне при отсутствии выведения вещества из организма можно увеличить концентрацию токсиканта еще в 10 раз.



..... Пример

Подобное явление имело место в Японии на берегах бухты Минамато в 1950-х гг. Поступавшая в воду залива ртуть со стоками фабрики по производству азотных соединений трансформировалась биотой в метилртуть, которая сконцентрировалась в тканях морских организмов и рыбы, служившей пищей для местного населения. В итоге у людей, потреблявших рыбу, развивалось поражение нервной системы, у новорожденных детей отмечались пороки развития. Всего было зарегистрировано около 300 случаев болезни, около 60 из которых

закончились гибелью людей. Страдали также и животные, являющиеся, как и люди, консументами в цепочке питания. Кошки, обитавшие в поселке и питавшиеся рыбой, первыми подверглись воздействию ртутных соединений, оказавшись более восприимчивыми. Это выразилось в нарушении движений, координации, гибели животных. В те годы только при массовых поражениях людей обратили внимание на это явление, а фабрика еще несколько лет продолжала функционировать в прежнем режиме. Этот случай стал одним из классических примеров поражения соединениями тяжелых металлов в результате биоконцентрирования в пищевых цепях.

.....

5.2 Взаимодействие токсиканта и организма

Организм – это тоже система, которой свойственна некоторая степень устойчивости к поражающим факторам. Ксенобиотик, токсикант, загрязняющее вещество – можно назвать по-разному, смысл один – это повреждающий экологический фактор, который проникает в организм, выводится из него и/или депонируется в нем.

Пути проникновения служат органы дыхания – аспирационный или ингаляционный путь. С воздухом токсичные пары проходят в альвеолы легких и оттуда через тонкие стенки попадают в кровь. Кожные покровы также могут служить входом для токсиканта во внутреннюю среду организма, посредством проникновения через липидный слой кожи, – резорбтивный путь. Алиментарный путь – с водой и пищей токсичные вещества могут попасть в желудочно-кишечный тракт.

.....



*Элиминация (от лат. *eliminatum* – выносить за порог, удалять) – удаление чужеродных веществ (ксенобиотиков) из организма, происходит в результате биотрансформации и с естественными отправлениями (экскрециями).*

Биотрансформация – метаболическое превращение чужеродных веществ, в результате которого они снижают свою растворимость в липидах, увеличивая свою водорастворимость.

.....

Вещества, как правило, теряют биологическую активность и выводятся из организма через поры кожи и сальные железы, почки и желудочно-кишечный

тракт. Основной орган, принимающий участие в метаболизме токсикантов, – это печень.

В общем биотрансформация ксенобиотиков в организме является двухфазным процессом:

I фаза – окисление, гидролиз, восстановление и т. д. Ферменты I фазы биотрансформации представлены семейством окислительных ферментов цитохромов P-450, которые катализируют процессы окисления чужеродных веществ за счет активации молекулярного кислорода. В основном процессы окисления ксенобиотиков протекают в печени.

II фаза – конъюгация (или истинная детоксикация). Осуществляется ферментами конъюгации (УДФ-глюкуронил-, глутатион-3Н-трансферазы, сульфатазы, метилазы и пр.), которые внедряют в окисленную молекулу вещества остаток глюкуроновой, серной, уксусной кислоты, метильную группу или остаток глутатиона.

При математическом моделировании процессов распределения и выведения лекарств и токсинов организм обычно условно представляют в виде двухкамерной модели, включающей центральную (кровь и органы, интенсивно омываемые кровью) и периферическую камеры (мышцы, кожа, жировые депо).

Окончательно элиминация происходит только из центральной камеры. Вещества, находящиеся в периферической камере, предварительно транспортируются с током крови в центральную камеру, а затем подвергаются элиминации.

Процессы элиминации описывают рядом параметров:

1. Константа скорости элиминации – это часть от концентрации вещества в крови, удаляемая за единицу времени, %.
2. Период полувыведения – время, за которое концентрация вещества в крови уменьшается в 2 раза.
3. Общий клиренс (от англ. *clearance* – очищение) – объем жидких сред организма, освобождающихся от вещества в результате биотрансформации, выведения с желчью и мочой (в мл/мин/кг). Различают почечный и печеночный клиренс. Клиренс зависит от состояния ферментных систем и интенсивности кровотока.



Пример

Примеры путей поступления, метаболизма и выведения из организма полихлорированных бифенилов (ПХБ) и хлорированных бензолов (ХБ).

В организм млекопитающих и человека полихлорированные бифенилы (ПХБ) могут проникать через кожу, легкие и желудочно-кишечный тракт. На производстве основной способ поступления веществ – через кожные покровы, в то время как в повседневной жизни большее количество веществ поступает в организм с загрязненной пищей. Попав в кровь, вещества быстро накапливаются в печени и мышцах, откуда затем перераспределяются в жировую ткань. ПХБ метаболизируют в основном в печени. Основные пути выведения: с желчью в содержимое кишечника и через почки с мочой.

Хлорированные бензолы (ХБ) – липофильные вещества и потому способны к биоаккумуляции в тканях животных и человека. В опытах на животных показано, что вещества, попавшие в организм, метаболизируют в печени до хлорированных фенолов. Метаболизм веществ в организме человека практически не изучен. У лиц, подвергшихся воздействию ХБ, метаболиты определялись в крови, жировой ткани, моче, выдыхаемом воздухе. Полагают, что ХБ могут депонироваться (сохраняться) в тканях человека на период до 15 лет [39].

Депонирование веществ в организме

В крови вещества транспортируются в форме комплексов (депо) с белками крови. Слабые кислоты связываются с альбуминами, слабые основания связываются с кислыми α-гликопротеинами. Взаимодействие с белками носит в основном обратимый характер. Это означает, что он не приводит к образованию прочных ковалентных связей, а взаимодействие происходит в основном за счет вандер-ваальсовых, ионных, дипольных сил, водородных связей. В ряде случаев образуются реактивные электрофильные метаболиты веществ, которые взаимодействуют с белками крови по свободнорадикальному механизму с образованием ковалентных связей, которые более прочны, чем предыдущие.

Депонированные в комплексе с белками вещества не оказывают биологического действия, поэтому при дефиците белков крови (голодании, заболеваниях печени, паразитарных инвазиях, несбалансированном питании, ожогах) возрастает доля свободной (не связанной с белками крови) фракции вещества с усилением его биологической активности (токсичности).

Кроме того, связывание веществ с белками зависит:

- от возраста: у детей и пожилых людей синтез альбуминов крови снижен;
- от пола: у женщин и самок млекопитающих женские половые гормоны (эстрогены) могут вытеснять ряд веществ из связи с альбуминами крови. К концу беременности как у человека, так и у животных снижается

синтез альбуминов, что приводит к снижению связывания веществ с белками крови.

Различные вещества могут образовывать комплексы и депонироваться не только с белками. Вещества с высокой липофильностью депонируются в жировой ткани (ароматические и алифатические галогенуглеводороды, барбитураты). Из жировых депо они способны вновь поступать в кровь и головной мозг и оказывать свое действие в течение продолжительного времени. Некоторые вещества способны избирательно накапливаться в отдельных органах (например, сердечные гликозиды создают в сердце концентрацию в 4–10 раз большую, чем в крови). Тетрациклин избирательно накапливается в костной ткани.

Кроме того, организм имеет барьеры, препятствующие поступлению ксенобиотиков в жизненно важные органы и системы.

Барьеры, препятствующие поступлению чужеродных веществ в организм

Из крови вещества поступают в организм, преодолевая гистогематические барьеры, разделяющие кровь (*haema*) и ткань (*hystos*). К их числу относятся:

1. Капиллярная стенка. Капилляры являются мельчайшими кровеносными сосудами, пронизывающими все ткани организма, они легко проницаемы как для липофильных, так и для гидрофильных веществ.
2. Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) разделяет кровь и головной мозг. Через ГЭБ путем простой диффузии проникают только высоколипофильные вещества. При воспалительном процессе (например, при клещевом энцефалите) проницаемость ГЭБ для ксенобиотиков резко возрастает.
3. Плацентарный барьер разделяет кровообращение матери и плода. К плоду поступают только не связанные с белками, липидорастворимые вещества с небольшим молекулярным объемом. Высокомолекулярные вещества не проникают через плацентарный барьер.
4. Гематоофтальмический барьер разделяет кровь капилляров и внутриглазную жидкость в камерах глаза. Через гематоофтальмический барьер проникают только высоколипофильные вещества [40].



Выводы

Водная оболочка Земли – гидросфера – обладает средствами сохранения своего гомеостаза, способствуя переносу, осаждению загрязняющих веществ,

включению их в состав относительно инертных донных отложений. В то же время здесь имеют место схожие с атмосферными процессы фотолиза и гидролиза загрязняющих веществ, что может привести как к снижению их токсичности, так и к повышению.

Почва, благодаря своему уникальному составу, обладает физико-химическими свойствами, способствующими консервации загрязнений.

В литосфере и гидросфере велика роль биоценоза – микроорганизмов и макроорганизмов, обладающих сапротрофным типом питания и способных разлагать и трансформировать не только естественно образованную органику этих сред, но и ксенобиотики – чужеродные загрязняющие вещества, в большинстве случаев снижая их токсичность. Поэтому вопрос охраны естественных биоценозов и микроценозов особенно актуален в настоящее время.

Организм человека и животных также снабжен системами, способными упрощать строение внедрившихся токсикантов и делать их более мобильными (например, перевод жирорастворимых соединений в водорастворимые), что обеспечивает эффективность их вывода из организма.

Существует тенденция накопления сложно выводимых веществ, например тяжелых металлов и их соединений, в живых организмах. При этом депонируемые вещества накапливаются и концентрируются (явление биомагнификации) по мере продвижения по цепи питания от продуцентов к консументам высших порядков, что делает эти организмы высокотоксичными и опасными для их последующих потребителей. Например, хищные рыбы, являющиеся консументами второго и третьего порядков, могут провоцировать отравления питающихся ими людей и наземных животных, как это имело место в Японии.



Контрольные вопросы по главе 5

1. В чем заключается принцип Ле Шателье – Брауна?
2. Назовите реакции абиотической трансформации веществ.
3. Какие механизмы самоочищения водоемов вам известны?
4. Какие процессы происходят с загрязняющими веществами в экосистемах при биотической трансформации?
5. Какие защитные свойства почвы вам известны?

6. Какие барьеры в организме препятствуют поступлению в него загрязняющих веществ?
7. Как ртутьсодержащие вещества попадали в организмы людей при загрязнении ртутью водоема в Японии?

Раздел III
Воздействие антропогенного фактора
на экосистемы и меры их защиты

6 Экологические аспекты функционирования урбанизированных территорий

Краткая характеристика урбанизации. Климатические условия города. Функциональное зонирование территорий города. Шум и городская среда. Изучение воздействия электромагнитных излучений на живые организмы.

6.1 Краткая характеристика урбанизации



.....
Урбанизация – объективный процесс повышения роли городских территорий в развитии общества, обусловленный потребностями общества, производства, характером общественного строя.

На территории России все населенные пункты подразделяются на две категории: города и поселки городского типа; сельские населенные пункты. Для признания населенного пункта городом необходимы условия:

- 1) численность населения, постоянно проживающего в данном населенном пункте, должна быть не менее 12 тыс. человек. Международные рекомендации, данные ООН, призывают, для сопоставления процессов урбанизации в разных странах, считать городами территории, населенные не меньше чем 20 тыс. жителей;
- 2) социальный состав – не менее 85% проживающих должны составлять рабочие и служащие. В иных случаях населенный пункт признается сельским (если большинство его жителей занимается сельским хозяйством), рабочим поселком (если большинство его жителей заняты в промышленности или на транспорте), дачным поселком (если большинство его жителей используют данный пункт в качестве базы для отдыха) или курортным поселком (если не менее половины его жителей являются приезжающими для отдыха или лечения).

Часто город перерастает в городскую агломерацию – пространственно и функционально единую группу поселений городского типа, составляющую общую социально-экономическую и экологическую систему. Агломерация в пре-

делах страны или региона характеризуется функциональными связями, сформировавшимися в результате производственной деятельности и производственных отношений [41, 42].

Планирование территории города основывается на закономерностях экономического развития, учете социальных нужд человека и особенностей природных условий, в том числе экологических потребностей населения.

Крупный город изменяет почти все компоненты природной среды – атмосферу, растительность, почву, рельеф, климат, гидрографическую сеть, подземные воды, грунты. Коротко рассмотрим особенности городской среды.

6.2 Климатические условия города

Климатические условия в городах значительно отличаются от климата окружающих районов. Крыши и стены городских построек и искусственные покрытия улиц нагреваются больше, чем естественная поверхность, и повышают температуру воздуха в городе.

Промышленные предприятия, отопительные системы и автотранспорт нагревают воздух над городом и загрязняют его дымом и газообразными продуктами сгорания, а тем самым и обогащают ядрами конденсации. В результате продолжительность солнечного сияния в городах снижена на 25–30 мин в день (Лондон), приток солнечной радиации также снижен (в крупных городах США в среднем на 15%), а температура воздуха повышена, особенно ночью и зимой. В среднем температура воздуха большого города на 1–2°C выше, чем окружающей местности, а максимальные температурные различия между ними достигают 5–8°C и более.

В связи с этим иногда наблюдается приток воздуха от окраин к центру города (городской бриз), а также усиление восходящих движений воздуха над городом с соответствующим образованием облаков. Увеличение количества осадков над городом снижает их количество в пригородных зонах, усиливая засушливость сельской местности.

В городе длиннее безморозный период. Относительная влажность воздуха в городе понижена в среднем на 6%, облачность и годовая сумма осадков увеличены на 10–15%. Повышенное содержание ядер конденсации в городском воздухе и ослабление скорости ветра в городе (в среднем на 25%) приводят к увеличению повторяемости туманов (в городах США на 30% летом и на 100% зимой) и к возрастанию их интенсивности. Распределение температуры, загрязнение

воздуха, направление и скорость ветра зависят от расположения улиц, площадей и зеленых зон [43].

6.3 Функциональное зонирование территорий города

В создании того или иного города принимают участие различные факторы. Факторы, которые являются основными в этом процессе и непосредственно влияют на его рост, называют градообразующими. Соответственно, предприятия, которые явились причиной возникновения города и значение которых выходит за его пределы, называют градообразующими. К ним относят промышленные предприятия (заводы, фабрики, электростанции), крупные транспортные узлы, морские вокзалы и аэропорты, правительственные и научные учреждения, санатории, дома отдыха.

В России разрабатываются комплексные программы целесообразного размещения производительных сил внутри страны, в районах, богатых сырьем и топливом. В таких районах размещаются промышленные предприятия по производству металлов, топлива, энергии, химической продукции, строительных материалов, перерабатывающие производства. В непосредственной близости от источников энергии создаются территориально-производственные комплексы, обеспечивающие освоение и переработку полезных ископаемых. В местах размещения таких производств возникают новые города.



.....

Структура планировки современных городов сложна и многообразна, но в ней выделяют следующие функциональные зоны: промышленную, жилую, санитарно-защитную, внешнего транспорта, коммунально-складскую, зону отдыха.

.....

Промышленная зона предназначается для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов.

Промышленные зоны формируют с учетом производственно-технологических, транспортных, санитарно-гигиенических и функциональных требований. Размещение предприятий на территории промышленной зоны, отнесение их к соответствующим классам в зависимости от санитарной классификации производств и выделяемых производственных вредностей, а также установление размеров санитарно-защитных зон производится в соответствии с требованиями строительных норм и правил по разработке соответствующих генеральных планов и строительных норм проектирования промышленных предприятий.

Наиболее вредные предприятия, в том числе взрывоопасные и пожароопасные, располагают в отдалении от жилой зоны, причем с подветренной стороны, чтобы господствующие ветры дули от жилой зоны на промышленную. При этом ориентируются на среднегодовую розу ветров или на одну из сезонных роз ветров (летнюю, зимнюю), построенных на основании многолетних наблюдений. Промышленные зоны с предприятиями, загрязняющими поверхность воды, размещаются по течению реки ниже жилой зоны и зоны отдыха.

Для улучшения процессов рассеивания выбросов в атмосферу предприятия располагают на более высоких отметках местности, увеличивая тем самым фактическую высоту выброса. Предприятия с загрязненными промышленными площадками, чтобы не допускать смыва загрязнений ливневыми водами на жилую территорию, должны размещаться на более низких отметках рельефа, чем жилая (селитебная) территория и зона отдыха (рекреационная зона).

Промышленные предприятия, требующие создания санитарно-защитных зон шириной более 3 км, должны размещаться за пределами населенных пунктов. При реконструкции промышленных зон предусматриваются следующие мероприятия: упорядочение планировки и застройки района с выявлением территориальных резервов для размещения и развития перспективных предприятий, как старых, так и новых; ликвидация или перемещение мелких и устаревших предприятий и объектов, не имеющих территориальных резервов для дальнейшего развития, а также предприятий и объектов, оказывающих отрицательное влияние на жилую территорию, соседние предприятия и окружающую природную среду; упорядочение транспортных связей в зоне и ликвидация железнодорожных путей, пересекающих магистральные улицы на одном уровне и проходящих по жилым районам и набережным; улучшение внешнего благоустройства и озеленения промышленной территории, организация мест стоянок общественного и индивидуального транспорта.

Для экономичного использования инженерных коммуникаций, ремонтного, энергетического и транспортного хозяйства отдельные промышленные предприятия в настоящее время группируются в комплексы. Однако такое комплексообразование имеет некоторые недостатки, связанные с чрезмерной концентрацией агропромышленных предприятий и, как следствие, суммированием вредных воздействий, поэтому при группировке предприятий кроме технологических признаков принимаются во внимание и некоторые санитарные показатели. Предприятия, выделяющие агрессивные газы и пыль, удаляются от других

предприятий, чтобы не ставить рабочих и производимую ими продукцию под угрозу вредного влияния.

Санитарно-защитная зона предназначена для уменьшения отрицательного влияния промышленных и транспортных объектов на население. Эта зона пространства и растительности специально выделяется между промышленными предприятиями и районом проживания населения. Санитарно-защитная зона обеспечивает пространство для безопасного рассеивания вредных промышленных отходов.

Ширина санитарно-защитной зоны определяется как расстояние между промышленной площадкой и жилым районом и рассчитывается на основе научных материалов по закономерности распространения воздушных загрязнений, наличию в атмосфере процессов самоочищения, а также норм предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. В соответствии с экологическими требованиями не менее 40% санитарно-защитной зоны должно быть озеленено.

Для посадки в санитарно-защитных зонах рекомендуется использовать устойчивые к пылевому и газообразному загрязнению породы растений, такие как клен американский, можжевельник, тополь канадский, крушина ломкая, роза морщинистая, бузина красная, туя западная. Вблизи металлургических и химических предприятий могут произрастать шелковица белая, боярышник обыкновенный, белая акация, ива белая. Выбор пород для озеленения производится с учетом местных особенностей климата и почвогрунтовых условий. Целесообразно высаживать насаждения, свойственные природным системам территории.

В санитарно-защитных зонах наиболее целесообразны комбинированные посадки деревьев и кустарников в виде зеленых полос шириной 20–30 м через каждые 50–100–200 м в зависимости от ширины санитарно-защитной зоны. Организация санитарно-защитной зоны не исключает необходимости оборудования предприятий очистными сооружениями, а является всего лишь дополнительным мероприятием в рамках борьбы с загрязнением городской среды.

Жилая (селитебная) зона предназначена для размещения жилых районов, общественных центров (административных, научных, учебных, медицинских), зеленых насаждений. В ней запрещено строительство промышленных, транспортных и иных предприятий, загрязняющих окружающую человека среду.

Жилую зону размещают с наветренной стороны для ветров преобладающего направления, а также выше по течению рек по отношению к промышленным и сельскохозяйственным предприятиям с технологическими процессами,

являющимися источником выделения в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ. Преобладающее направление ветров определяется по средней розе ветров летнего и зимнего периодов года (с учетом суточного хода) на основе данных многолетних наблюдений гидрометеостанций. В районах с противоположным направлением преобладающих ветров в летний и зимний периоды года жилые районы располагают слева и справа от указанных направлений ветров по отношению к промышленным предприятиям.

Коммунально-складская зона предназначена для размещения торговых складов, складов для хранения овощей и фруктов, предприятий по обслуживанию транспорта (депо, автопарки), предприятий бытового обслуживания (фабрики-прачечные и фабрики химической чистки). Коммунально-складскую зону размещают вне жилой территории, зачастую на территории санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Зона внешнего транспорта служит для размещения транспортных коммуникаций пассажирских и грузовых железнодорожных станций, портов, пристаней. В наиболее крупных городах, расположенных на главных железнодорожных магистралях, как правило, предусматриваются обходные железнодорожные линии для пропуска транзитных грузовых поездов без захода в город. Новые сортировочные станции размещают за пределами городов, а новые технические станции и парки резервного подвижного состава, контейнерные площадки – за пределами селитебной территории. Жилую застройку городов и других населенных пунктов рекомендуется отделять от железнодорожных линий санитарно-защитной зоной шириной 100 м, считая от оси крайнего железнодорожного пути.

Новые морские и речные порты рекомендуется размещать за пределами жилых территорий на расстоянии не менее 100 м от границы жилой застройки. Речные порты и судоремонтные предприятия речного транспорта по правилам необходимо размещать вне зоны санитарной охраны основных водозаборных сооружений, ниже жилой застройки по течению реки.

Скоростные дороги и дороги грузового движения размещают на территориях санитарно-защитных зон, на неудобных для жилой застройки землях, а на селитебных территориях – при обеспечении полной изоляции скоростного движения транспорта от пешеходов и местного движения. Расстояние от края проезжей части скоростных дорог и дорог грузового движения до красной линии жилой застройки рекомендуется не менее 50 м.

Зона отдыха – рекреационная территория, которая включает городские и районные парки, лесопарки, спортивные комплексы, пляжи, дачные поселки, курорты, места туризма.

По функциональному назначению выделяют три основных типа лесопарков: *прогулочные, спортивные и полифункциональные*. Наиболее распространенный тип лесопарков – прогулочный, формирующийся вблизи жилого района и выполняющий рекреационную оздоровительную функцию. Степень его благоустройства зависит от уровня посещаемости и рекреационной нагрузки. По мере роста города он часто трансформируется в городской парк. Спортивные лесопарки размещают в системе рекреационных территорий пригородной зоны и используют для занятий горнолыжным, санным, конным, водным и другими видами спорта. Полифункциональные лесопарки выполняют одновременно несколько функций: прогулочную (отдых, спорт и туризм), познавательную и природоохранную. Значительным резервом территорий зоны отдыха являются участки, нарушенные в результате производственной деятельности человека. Рекультивация этих земель дает значительный градостроительный и гигиенический эффект.



..... Пример

Примером преобразования непригодных для застройки земель в зону отдыха является Нижний Новгород. Для территории этого города были типичны овраги протяженностью более 20 км, которые служили местом свалок, ускоряли развитие эрозии городской территории, отрицательно влияли на состояние окружающей среды города, обуславливали дробность и мозаичность планировочной структуры, чересполосицу промышленных, жилых и складских территорий. Превращение этой части города в озелененные зоны отдыха значительно улучшило условия внешней городской среды, а также повысило эффективность использования городской территории [44, 45].

.....

Городской ландшафт называют урбанизированным, большей частью соответствующим вышеперечисленным особенностям зонирования городских территорий. Городские ландшафты по степени и характеру преобразования объединяют в следующие группы:

1. Индустриальные – промышленные зоны, промышленные образования с выраженным силуэтом, занимающие значительные территории.

2. Коммуникационные ленточные – антропогенные образования, представленные не только лентой железной или автодороги, но и прилегающими к ним придорожными полосами; в последнее время к этому типу ландшафтов предъявляют требования рекреационного характера: усиление живописности, сокрытие портящих пейзаж строений.
3. Девастированные – появляются как результат горнодобывающей и другой хозяйственной деятельности, ведущей к снятию растительного покрова, почвы и образованию карьеров с оголенной горной породой; они подлежат плановой рекультивации с дальнейшим использованием земель для лесного и сельского хозяйства или создания рекреационных объектов.
4. Агрокультурные – ландшафты сельских поселений (пригородные деревни, села, хутора), производственных зон совхозов и колхозов, пашен, лугов, садов.
5. Лесохозяйственные – природные лесохозяйственные уголья, чаще приобретающие облик рекреационных.
6. Гидроморфные – водные пространства, имеющие разное функциональное назначение.
7. Рекреационные – новый тип ландшафтов для отдыха городского населения [46].

Все перечисленные ландшафты взаимосвязаны посредством комплексного ландшафтного планирования, которое предполагает тесное сотрудничество всех отраслей хозяйства, принимающих участие в землепользовании и организации территории.

Формирование ландшафта города как жизненной среды человека имеет два аспекта: создание благоприятных санитарно-гигиенических условий и пространственная организация различных видов деятельности (труда, быта, отдыха и т. д.). В решении таких градостроительных вопросов, как разработка архитектурно-планировочной структуры города с максимальным учетом и выявлением природных факторов; создание развитой водно-зеленой системы, регулирующей санитарно-гигиенический режим и обеспечивающей население местами отдыха; индивидуализация образа современного города, большую роль играет ландшафтная архитектура. Она стремится к достижению трех основных целей: реализации задач по функционально-пространственной организации среды жизни человека, преобразованию пейзажей при сохранении их природных (экологических) особенностей, решению эстетических проблем.

При проектировании городов необходимо увязывать в единое целое все компоненты окружающей среды – рельеф местности, водные поверхности, растительность. Особое внимание следует уделять оценке водных ресурсов. Достоинством природно-градостроительной ситуации является наличие естественных или искусственных водоемов и потенциальных возможностей для обводнения территории города (реки, озера, водохранилища, старицы, овраги). Очень важно обеспечить сохранение прилегающих к ним участков для создания садов, парков, зон отдыха.

Ликвидация нарушений рельефа, озеленение, создание больших и малых водоемов, проведение мелиоративных мероприятий, инженерной подготовки территории необходимо в первую очередь на въездах в города, вблизи основных транспортных коммуникаций, в зонах отдыха и на участках, примыкающих к жилым территориям.

Наряду с мероприятиями по охране важнейших компонентов окружающей среды во всех функциональных зонах города следует предусматривать проведение комплекса инженерных, биологических и планировочных мероприятий, обеспечивающих высокую эстетическую ценность тех или иных ландшафтов.

Особое внимание при этом должно уделяться мероприятиям по ликвидации «ничейных» заброшенных территорий с деградированным ландшафтом посредством их культивирования, озеленения и обводнения; правильному выбору площадок для размещения малоценной, невыразительной в эстетическом отношении застройки; приведению в порядок полос отчуждения, территорий, примыкающих к магистралям (с учетом их высокой геохимической токсичности), складских, коммунально-бытовых и других территорий; предотвращению строительства безликих, не соответствующих природному окружению объектов, линий электропередач и других открытых инженерных коммуникаций в наиболее живописных местностях; обоснованному с точки зрения учета особенностей местности размещению крупных инженерных сооружений, промышленных площадок и населенных мест; созданию надлежащих условий панорамного обозрения местности при передвижении, главным образом посредством правильной трассировки автомобильных дорог; приведению в единую взаимосвязанную систему всех природных мероприятий в пределах того или иного ландшафта; постоянному поддержанию ландшафта в оптимальном состоянии, улучшению его биологических, эстетических и функциональных свойств.

6.4 Шум и городская среда

К числу наиболее сильных факторов, способных оказывать отрицательное воздействие на человека, относится шум. Превышение уровня звуковых колебаний природного фона приводит к серьезным физиологическим последствиям для человека. Известны примеры нарушения поведения, ритмов, физиологических процессов живых организмов в природных экосистемах, вызванные шумовыми эффектами. Многие животные теряют способность ориентироваться в пространстве (например, пчелы), не могут нормально питаться и искать пищу, теряют возможность общаться и давать потомство. Из-за сильного распространения шумов в воде с последующим усилением мощности звука водные обитатели склонны выбрасываться на берег (дельфины, киты), проявлять излишнюю агрессию к своему виду или к человеку.

Распространение шума в воде приводит к резкому скачку смертности популяций промысловых рыб (сельдь, камбала, треска), что приводит к снижению продукции на рынке и повышению ее стоимости. Растениям необходимо постоянное опыление, но дезориентированные пчелы не смогут выполнить эту задачу. Мелкие грызуны, птицы мигрируют в другие районы и больше не разносят семена, растения медленней размножаются, популяция сокращается, происходит постепенное опустынивание территории [47].

Ухо человека способно воспринимать звуковые колебания с частотой в диапазоне от 16 до 20 000 Гц. Все шумы принято делить на низкочастотные (ниже 350 Гц), среднечастотные (350–800 Гц) и высокочастотные (выше 800 Гц). При малой частоте колебаний звук воспринимается как низкий, при большей частоте – как высокий. Высокие звуки оказывают более неблагоприятное воздействие на слух и на весь организм человека, чем низкие, поэтому и шум, в спектре которого преобладают высокие частоты, более вреден, чем шум с низкочастотным спектром. Максимальный диапазон слышимых звуков для человека составляет от 0 до 170 дБ.

Естественные природные звуки на экологическом благополучии человека не отражаются: шелест листвы и мерный шум морского прибоя соответствуют примерно 20 дБ. Звуковой дискомфорт создают источники шума, превышающие 60 дБ. Уровни шума менее 80 дБ не вызывают опасности для слуха, при 85 дБ начинается некоторое ухудшение слуха, а при 90 дБ – серьезное нарушение слуха; при 105 дБ потеря слуха отмечается практически у всех лиц, подвергшихся шумовому воздействию. Уровень шума 110–120 дБ считается болевым порогом, а свыше 130 дБ – является разрушительным пределом для органа слуха.

Шум как экологический фактор приводит к повышению утомляемости, снижению умственной активности, неврозам, росту сердечно-сосудистых заболеваний, шумовым стрессам, ухудшению зрения. Постоянный шум способен вызвать перенапряжение центральной нервной системы, из-за чего жители шумных районов города в среднем на 20% чаще страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями и на 18–23% – атеросклерозом и нарушениями нервной системы. Шум отрицательно воздействует на функциональное состояние сердечной системы у детей.

Шум в больших городах сокращает продолжительность жизни человека. По данным австралийских исследователей, шум на 30% является причиной старения горожан, сокращая продолжительность жизни на 8–12 лет, толкает людей к насилию, суициду, убийству.

В настоящее время шумовые раздражения относятся к важным причинам расстройства сна, при этом такие нарушения влияют на эффективность отдыха и могут приводить к состоянию хронической усталости, сонливости со всеми вытекающими отсюда последствиями для работоспособности и восприимчивости к болезням. В ночное время шум способен кумулятивно накапливаться. Ночной шум в 55 дБ вызывает такие же физиологические эффекты, как дневной шум в 65 дБ. Пороговое значение уровня шума, способного вызвать нарушение сна, зависит от возраста: у детей оно достигает 50 дБ, у взрослых – 30 дБ, а у людей пожилого возраста – еще ниже. Больше беспокойство шум вызывает у людей, занятых умственным трудом, по сравнению с работающими физически.

Транспортный шум создается моторами, колесами, тормозами и аэродинамическими особенностями транспортных средств. Уровень шума, создаваемый работой автомобильного транспорта (автобусы, легковые и грузовые автомобили) составляет 75–85 дБ. Железнодорожный транспорт способен повышать уровень шума до 90–100 дБ. Наиболее сильный шум – авиационный – создается работой двигателя и аэродинамическими характеристиками самолета – до 100–105 дБ над трассой воздушного транспорта. В зонах аэропортов статистически достоверно увеличивается число мертворождений и врожденных аномалий. Авиационный шум ведет также к увеличению числа психических расстройств.

В зависимости от происхождения различают шум бытовой, производственный, промышленный, транспортный, авиационный, шум уличного движения и пр. Бытовой шум возникает в жилых помещениях от работы теле- и радиоаппаратуры, бытовых приборов и поведения людей. Производственный шум создается в производственных помещениях работающими механизмами и машинами.

Источником промышленного шума служат промышленные предприятия, среди которых выделяются энергетические установки, компрессорные станции, металлургические заводы, строительные предприятия, создающие высокий уровень шума (более 90–100 дБ). Несколько меньший шум возникает при работе машиностроительных заводов (80 дБ), типографий, швейных фабрик, деревообрабатывающих комбинатов (72–76 дБ).

Транспортный шум, возникающий за счет движения автотранспорта, составляет до 80% всего городского шума. Самым шумным городом в мире считается Рио-де-Жанейро, уровень шума в одном из его районов (Капакабана) значительно превышает 80 дБ [48].

Нормативные уровни звукового давления и уровни звука для помещений жилых и общественных зданий, территорий микрорайонов, мест отдыха устанавливаются в соответствии с санитарными нормами допустимого шума.



При гигиеническом нормировании в качестве допустимого устанавливается такой уровень шума, действие которого в течение длительного времени не вызывает изменений комплекса физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма.

Допустимый шум уличного движения у стен домов не должен превышать днем 50 дБ и ночью 40 дБ, а общий уровень шума в жилых помещениях – 40 дБ днем и 30 дБ ночью.

Наиболее частыми причинами повышенного уровня шума являются:

1. Недостаточный территориальный разрыв для обеспечения шумозащиты населенных пунктов, территорий массового отдыха, курортов, лечебных центров.
2. Нарушение нормативных документов или отсутствие учета санитарных норм при застройке и проектировании магистральных автодорожных и железнодорожных трасс, мест размещения аэропортов.
3. Возрастание уровня шума из года в год по причине отсутствия новых бесшумных видов транспорта, увеличения мощности реактивных двигателей самолетов.
4. Высокая стоимость шумозащитных сооружений, отсутствие разработок технико-экономического характера в этой области.

Эти причины в основном и определяют перспективный комплекс мероприятий по защите от шума.

Наибольшее значение имеет метод снижения шума на пути его распространения, включающий различные мероприятия: организацию необходимых территориальных разрывов между источниками внешних шумов и зонами различного хозяйственного назначения с нормируемым шумовым режимом, рациональную планировку и застройку территории, использование рельефа местности в качестве естественных природных экранов, шумозащитное озеленение. Для снижения шума в градостроительной практике применяют естественные экранирующие сооружения, основанные на использовании рельефа местности – выемки, насыпи, овраги.

Высокой способностью задерживать и поглощать шумовые воздействия обладают древесные и кустарниковые насаждения, высаженные вдоль автомагистралей. Многорядная полоса древесно-кустарниковых насаждений высотой 5–6 м способна значительно снижать уровень шума. Хороший эффект дают широкие полосы: при ширине полос 25–30 м наблюдается снижение уровня звука на 10–12 дБ. В зимний период в связи с опаданием листвы защитная функция зеленых насаждений снижается в 3–4 раза.

При разработке проектов детальной планировки и застройки автомагистралей защитный эффект может быть достигнут с помощью зонирования жилой территории. В зоне, непосредственно примыкающей к магистрали, следует располагать невысокие здания нежилого назначения, в следующей зоне – малоэтажную жилую застройку, далее – жилую застройку повышенной этажности, в наиболее удаленной от магистрали зоне – детские учреждения, школы, поликлиники, больницы и т. п. Значительное снижение уровня шума достигается при замкнутом типе застройки. Кроме градостроительных мероприятий для ликвидации шумового загрязнения используют комплекс других мероприятий – установку на оборудовании звукоизолирующих кожухов, глушителей выбросов.

В некоторых странах, в частности в Германии, на многих военных и гражданских аэродромах, принимающих реактивные самолеты, созданы шумозащитные зоны, ограничена интенсивность полетов вплоть до запрета ночных полетов, введены ограничения для сверхзвуковых самолетов по времени, высоте, скорости. Для колесно-рельсового транспорта применяются технические способы снижения шума: звукопоглощающие колесные бленды, замена колодочных тормозов на дисковые и др. На отдельных участках магистралей стал применяться шумопоглощающий асфальт, имеющий высокую пористость из-за большего объема

пустот (25% вместо 6% в обычном асфальте). Это позволило снизить уровень шума на дорогах Германии на 4–6 дБ. На территории России уже не редкостью стали шумовые экраны, ограждающие придорожные территории от шумового воздействия транспортного потока автомагистрали (рис. 6.1).



Рис. 6.1 – Звукопоглощающий экран вдоль дороги

6.5 Изучение воздействия электромагнитных излучений на живые организмы

Электромагнитные излучения (ЭМИ) делятся на природные и антропогенные. ЭМИ природного происхождения генерируются солнцем, магнитным полем Земли и электрическими зарядами в атмосфере.

Изучением несветовых ЭМИ впервые занялся Генрих Рудольф Герц в 1888 г. Известно, что электромагнитные волны являются поперечными и распространяются с определенной конечной скоростью. Скорость распространения ЭМИ в вакууме почти равна скорости света [49].

Александр Степанович Попов в 1896 г. первым осуществил передачу информации с использованием электромагнитных волн между двумя разными точками, удаленными друг от друга на 250 м. Этим экспериментом он положил начало развитию радиотехники.

Научно-технический прогресс сопровождается повышением уровня ЭМИ антропогенного происхождения в окружающей среде, что оказывает влияние на многие физические и биологические процессы. В современных реалиях человек окружен ЭМИ ежедневно, поэтому появляется необходимость в изучении их влияния на живые организмы. Это необходимо для создания оптимальных условий существования человека в экосистеме его проживания.

Воздействие ЭМИ на растения

Известно, что электромагнитные излучения напрямую влияют на большинство биологических процессов, происходящих в фитоценозах. ЭМИ разной интенсивности различно воздействуют на процессы, связанные с онтогенезом растений: биофизические, морфологические, биохимические и физиологические. Следовательно, они воздействуют на рост, развитие и размножение растений. На территории воздействия ЭМИ линий электропередач (ЛЭП) у фитоценозов наблюдаются аномальные процессы развития. Изменяется характерная для растений форма и размеры вегетативных органов. Исследования, направленные на изучения влияния ЭМИ ЛЭП на растения показали, что при их воздействии происходит сокращение сухого веса надземной массы растений подсолнечника и овса под высоковольтной линией по сравнению с контрольной группой. Также выявлено негативное воздействие на биологическую активность микроорганизмов почвенной популяции, являющихся симбионтами растений в зоне их корневой системы. Существуют исследования, показывающие стимулирующий эффект роста и прорастания сухих семян растений при воздействии ЭМИ в определенных диапазонах [50].



.....

Растения – наиболее зависимые от ЭМИ организмы. Важнейший физиологический процесс – фотосинтез – проходит благодаря воздействию световых ЭМИ. Излучения Солнца с длиной волны 380–700 нм являются фотосинтетической активной радиацией (ФАР). ФАР – это световая энергия, которая используется фотоавтотрофами в процессе фотосинтеза. ЭМИ с отличными от ФАР длинами волн в природе не участвуют в необходимых для существования растений физиологических процессах [51].

.....

Большое значение в настоящее время имеет воздействие электромагнитных полей, генерируемых компьютерными системами. Ведь сегодня почти в каждом доме есть хотя бы одна, а может и больше компьютерных систем. ЭМИ компьютерной системы характеризуется частотой 20–1 000 МГц. Воздействие ЭМИ компьютерных систем на растения в настоящее время изучено недостаточно.

Из имеющихся экспериментальных данных можно выделить и положительные, и отрицательные факты взаимодействия растений с электромагнитными полями. Например, при выращивании фасоли обыкновенной в непосредственной близости к компьютерной системе наблюдалась ранняя всхожесть по

сравнению с контрольной группой, находящейся в естественных условиях. Рост фасоли в контрольной группе на первых двух неделях выращивания является более заторможенным, чем фасоли, находящейся под действием компьютерных ЭМИ. Но затем фасоль из среды ЭМИ начнет замедляться в своем росте и увядает. Растение, растущее же в естественных условиях, продолжит рост.

Исследования по изучению воздействия ЭМИ диапазона 61.20 ГГц на прорастающие зерна пшеницы показали, что в зернах происходят изменения морфофизиологических процессов, связанных с угнетением активности ферментов растения, что снижает эффективность его жизнедеятельности. Данные изменения прямо пропорциональны характеристикам ЭМИ [52].



Пример

Необходимость тщательного изучения воздействия на живые организмы частотных и экспозиционных характеристик ЭМИ показывают результаты по изучению влияния излучений на зерна люпина и характеристики его ферментов (амилазы). Различные частоты и временные промежутки воздействия по-разному влияют на рост и развитие люпина – представителя бобовых [53]. Непродолжительное воздействие ЭМИ на рост и развитие томатов, по экспериментальным данным, показало положительные результаты. Размер стеблей, листьев и урожайность в облученной группе томатов были больше, чем у контрольной группы. Цветение и плодоношение у облученной группы наступили раньше, чем у контрольной [54].

Воздействие ЭМИ на животных и человека

Биологическая реакция животных и человека на облучение ЭМИ протекает, как правило, на всех структурных уровнях организма. В одних случаях биологическая реакция может вызвать заметные биологические эффекты, которые могут как укладываться, так и не укладываться в физиологические нормы организма. Выходя за рамки физиологической нормы, биологический эффект может серьезно навредить жизнедеятельности организма.

Исследования, направленные на изучение влияния ЭМИ на мембраны клеток, выявили, что эффект воздействия ЭМИ выражается в изменении проницаемости мембранных систем для биологически важных ионов, например калия. На уровне организма эффект воздействия может выражаться в изменении работы мышечной ткани, функционирования эндокринной системы и генеративных органов. Это было показано в экспериментах с грызунами [55].

Сегодня имеется большое количество данных, показывающих, что иммунная система человека под действием ЭМИ испытывает угнетение. Процесс появления аутоиммунитета связан в первую очередь с патологией иммунной системы, вследствие чего организм начинает отторгать естественные тканевые антигены.

Нервная система является одной из наиболее уязвимых к воздействию ЭМИ. Поражение работы нервной системы на клеточном уровне приводит к изменениям передачи естественных нервных импульсов в организме человека. Результатом данных изменений, как правило, является нарушение памяти и увеличение риска перехода к стрессовому состоянию. Влияние ЭМИ является тератогенным фактором окружающей среды. Тератогенный фактор оказывает влияние на процесс развития эмбриона в организме беременной женщины. Считается, что наиболее уязвимым эмбрион является на самой ранней стадии развития. При длительном облучении в этот период ЭМИ может с высокой долей вероятности вызвать уродство.

Исследования советских ученых в 1960-е гг. показали, что одной из наиболее подверженных воздействию ЭМИ частей организма является гипофиз-надпочечниковая система. Под действием ЭМИ гипофиз-адреналиновая система начинает активизироваться. Это приводит к увеличению концентрации адреналина в кровеносной системе. Адреналин в свою очередь стимулирует свертывание крови и воздействует на центральную нервную систему, вызывая чувство тревоги. Также адреналин выступает катализатором распада жиров и гликогена [56, 57].



Выводы

Урбанизация – процесс, вовлекающий большую часть населения Земли, – изменяет условия жизни человека и животных как биологических видов, изменяя социальную дистанцию, интенсивность и дозы воздействия как природных экологических факторов, так и факторов, порожденных прогрессом цивилизации: химического, физического, шумового, электромагнитного загрязнения среды обитания. Для сохранения качества жизни людей, проживающих в городах, необходимо применение определенных принципов при планировании и застройке городских территорий: зонирование по принципу использования участков города, создание санитарно-защитных зон, грамотное озеленение, экранирование селитебных и ре-

креационных территорий от шумового воздействия. Кроме того, влияние на качество жизни в городской среде оказывает использование достижений научно-технического прогресса в области автомобилестроения и качественно новых автодорожных покрытий, развитие системы бесшумного транспорта и регулирования ритмов и интервалов движения.

Рассматривая электромагнитное воздействие, можно сделать вывод, что влияние ЭМИ на живые организмы существует. Исследователями в ряде случаев выявлено положительное влияние на рост и развитие растений. Все же имеющихся знаний недостаточно для того, чтобы учесть все факторы воздействия ЭМИ на человека и живые организмы. Без всестороннего изучения и систематизации невозможна эффективная деятельность по созданию нормативных документов, регламентирующих предельно допустимый уровень воздействия для каждого вида электромагнитных полей, оказывающих влияние на разные виды живых организмов.



Контрольные вопросы по главе 6

1. Населенному пункту РФ может быть присвоен статус города, если в нем проживает не менее 20 тыс. человек. Это верно?
2. Температура воздуха в городе выше или ниже температуры воздуха прилегающих территорий?
3. Зонирование урбанизированных территорий предполагает наличие коммунально-складской, промышленной, рекреационной зон. Все ли необходимые части городской территории перечислены, что еще вы можете добавить?
4. Для чего предназначена санитарно-защитная зона?
5. Какое влияние оказывает шум в 40 дБ на живые организмы?
6. Какое влияние растительности в городской среде, на ваш взгляд, наиболее важно для человека: эстетическое, защищающее от шума, от загрязнения, изменяющее микроклиматические условия?
7. Почему влиянию электромагнитных полей на живые организмы в настоящее время придается важное значение?

7 Экологические проблемы агропромышленных экосистем

Показатели плодородия почвы и виды почвенной эрозии. Проблема вторичного засоления почв. Меры предотвращения эрозии почв.

7.1 Показатели плодородия почвы и виды почвенной эрозии

Продуктивность экосистем, используемых человеком для получения сельскохозяйственной продукции, – важнейший показатель устойчивого развития человечества, гарантирующий обеспеченность населения планеты пищей.

Почвы являются основой для получения урожая сельскохозяйственных культур и сохранение этого природного, очень медленно образующегося природного ресурса – одна из важнейших задач людей в области охраны природы.

Основными проблемами является загрязнение почв и их эрозия.



.....
Эрозия почвы – потеря почвой качеств плодородия.

Плодородие почвы – способность почвы обеспечивать рост и воспроизводство растений всеми необходимыми им условиями.
.....

Различают плодородие:

- естественное – то, которым почва обладает без вмешательства человека;
- искусственное – то, которым обладает почва в результате воздействия на нее целенаправленной человеческой деятельности;
- потенциальное – суммарное, определяется как приобретенными в процессе почвообразования свойствами, так и созданными или измененными человеком;
- эффективное – реализуется в виде урожая растений при данных условиях;
- относительное – определяемое в отношении какой-то группы или вида растений;
- экономическое – основано на экономической оценке почвы в связи с ее потенциальным плодородием и экономическими характеристиками участка.



.....

Эрозия почвы – это естественный и постоянный процесс. В нарушенных экологических системах, защищенных растительным покровом, происходящие разрушения почвы обычно невелики и со временем восстанавливаются.

Наряду с геологическим процессом, который является частью эволюции Земли, в настоящее время имеет место ускоренная или разрушительная эрозия, возникающая под влиянием деятельности человека. При ускоренной эрозии потери компонентов почвы не компенсируются в процессе почвообразования и почвы частично или полностью теряют плодородие. При этом процессы разрушения почв могут проходить в сотни и тысячи раз быстрее, чем при естественной геологической эрозии.

.....

Толщина верхнего плодородного слоя почвы, содержащего гумус, для многих типов почв редко превышает 20 см. На его образование природой потрачено не менее 2–7 тыс. лет. При ускоренной эрозии полное разрушение этого слоя возможно в течение 10–30 лет, иногда он смывается первым ливнем или сдувается пылевой бурей. Ускоренная эрозия, которая является следствием неправильного использования земель, – основной недостаток земледелия, который выводит из строя значительные площади плодородных земель.

Эрозия почв наносит огромный вред мировому земледелию. Из-за эрозии на земном шаре уже выбыло из сельскохозяйственного оборота 2 млрд га угодий, в том числе 50 млн га пахотных земель.

Рельеф, климат, условия подстилающей поверхности, состав почв – все это абиотические факторы природной среды, обуславливающие протекание эрозийных процессов территории. Привнесение антропогенного фактора способно существенно изменить скорость и интенсивность эрозийных процессов. Спровоцировать его в местах, мало подверженных этому явлению.

Основными факторами, вызывающими эрозию, являются ветер и вода, поэтому эрозию почвы подразделяют на ветровую и водную.

Ветровая эрозия почв (дефляция) распространена в районах недостаточного увлажнения, высоких весенних и летних температур и низкой относительной влажности воздуха. Земледельческие территории, расположенные в средних широтах, подвержены этому явлению. Способствует проявлению ветровой эрозии и слабая эрозийная устойчивость почвенного покрова, ей обладают, например,

почвы преимущественно легкого механического состава, содержащие высокую долю песчаной фракции в своем составе, и малогумусные, слабоструктурированные почвы. К тому же в этих районах культивируют яровые зерновые культуры, что приводит к отсутствию растительного покрова значительную часть года.

Ветровая эрозия проявляется в виде пыльных бурь, которые повторяются раз в 3–20 лет, бывают при сильных ветрах (15–40 м/с), в сочетании с недостаточным увлажнением и слабой задернованностью растительностью. Пыльные бури сильно разрушают почвы, вынося вместе с посевом до 12–20 см поверхностного слоя. Количество выносимой почвы достигает 120–125 т/га.

Ветровая эрозия часто проявляется как повседневная (местная) эрозия. Особенно она проявляется на склонах, испытывающих удары ветра. Этот подтип эрозии медленно, но методично разрушает почвы. При сильных ветрах склоны «дымятся», поднимаются смерчи, столбы пыли, при обычных, слабых ветрах метет поземка, не поднимающая частицы выше роста человека. Частицы почвы и структурные отдельности перекатываются прыжками, скачками, засекая всходы, особенно часто на почвах легкого механического состава.

Выдувание верхнего слоя почвы ведет к сокращению мощности гумусового профиля, уменьшению содержания и запасов гумуса в нем. Потеря тонких фракций сопровождается уменьшением органического вещества, азота, фосфора и других элементов пищи растений.

Водная эрозия – это разрушение почвы и грунта струями и потоками талых, дождевых, ливневых и поливных вод.

По морфологическим признакам эрозионных форм различают: плоскостную, разрушающую почву на поверхности (смыв почвы); линейную, при которой разрушение земли идет вглубь (размыв почвы); овражную, являющуюся следующей стадией линейной эрозии.

Плоскостная (поверхностная) эрозия выражается в виде равномерного смыва почвы со склонов, приводит к образованию смытых и намытых почв. Часто представляют, что этот процесс осуществляется сплошным движущимся слоем воды, однако в действительности его производит сеть мелких временных водных потоков.

Вначале плоскостная эрозия мало заметна. Обнаружить ее можно тогда, когда повышенные участки лишаются верхнего плодородного темного слоя и на поверхность выступают нижние, более светлые горизонты. Струйчатые размывы глубиной до 15–20 см возникают на пашне, имеют форму стекающих по склону струй воды, они легко сглаживаются и устраняются при следующих обработках

почвы, но вынесенная плодородная почва безвозвратно уносится потоком. Если струйчатые размывы не ликвидировать, то на следующий год может произойти образование промоин, которые значительно сложнее устранить агротехническими способами обработки [58].

Линейная эрозия, в отличие от поверхностной, происходит на небольших участках поверхности и приводит к расчленению земной поверхности и образованию различных эрозионных форм (промоин, оврагов, балок, долин). Сюда же относят и речную эрозию, производимую постоянными потоками воды. Эта форма эрозии может перерасти в ручейковую, а затем в овражную. По мере углубления рытвин и промоин они концентрируют в себе сток. В тех случаях, когда ложбины и размывы образованы концентрированными мощными потоками талых и ливневых вод и не могут быть сглажены обычной обработкой, начинается формирование оврагов.

Овражная эрозия. Овраги – самая распространенная форма эрозионных изменений. Овраги в процессе развития проходят четыре стадии: промоина, врезание оврага вершиной, выработка оврагом профиля равновесия, затухание, или переход в спокойную балку.

Промоины – широко распространенная форма начального этапа размыва почвы. Промоины представляют собой линейно вытянутые понижения с обнаженными осыпающимися откосами. Они бывают на склонах лощин, вдоль дорожных кюветов и глубоких борозд, проведенных без учета наклона того или иного поля.

Балка – узкое сухое или с временным водотоком понижение местности, находящееся между задернованными склонами. Склоны и дно часто покрыты кустарником или лесом, при истреблении которых балки становятся очагами ускоренной эрозии. В балках распространена *донная эрозия*. Чаще балки развиваются из оврагов, но могут возникать и без овражной стадии. Обычны для возвышенностей и равнин лесостепи и степи.

Все эти процессы изымают из сельскохозяйственных угодий земли, сокращая площади земель, пригодных для пахоты. Итак, различные формы водной эрозии по сути, являются стадиями, сменяющими одна другую и отражающими характер и степень эродирования земель.

Факторы, оказывающие воздействие на интенсивность эрозии

На интенсивность развития эрозионных процессов большое влияние оказывают климат, рельеф, противозэрозионная устойчивость почв, растительность, хозяйственная деятельность человека.

Влияние климата на развитие эрозионных процессов проявляется вследствие колебания температур, количества и интенсивности выпадающих осадков, силы ветра. От температуры зависят глубина промерзания почвы, интенсивность таяния снега и оттаивания почвы, сток талых вод, впитывание их в почву. Если постоянный снежный покров устанавливается на непромерзшей почве, то в процессе его таяния весной вода хорошо впитывается в почву и отсутствуют сток воды, смыв и размыв почвы. Если со склонов зимой снег сносится ветром, то почва оголяется, глубоко промерзает и талые воды мало впитываются, наблюдаются большой сток воды и разрушение почвы.

Непосредственное влияние на размах эрозионных процессов оказывают суммарное количество осадков, их вид, продолжительность, интенсивность, а также время выпадения. Опосредованно на развитие эрозионных процессов влияют температура, влажность воздуха, а также скорость и продолжительность ветра.

Эрозия почвы во время дождя происходит при совместном воздействии потока воды и падающих капель. Капли дождя разрушают структуру почвы, создают в потоке добавочную турбулентность, повышающую ее размывающую и транспортирующую способности, а также нагружают поток при всплесках оторванными частицами почвы. Капли дождя несут огромную энергию, однако ее большая часть (около $2/3$) расходуется на уплотнение почвы и меньшая – на отрыв и перемещение частиц почвы. Удары капель дождя заставляют подниматься в воздух десятки тонн почвы на одном гектаре, но только часть ее выносятся потоками воды.

Само по себе разбрызгивание почвы также может привести к некоторому преимущественному перемещению частиц с верхней части склона на нижнюю, если уклон достаточно выражен. Это связано с тем, что траектория движения частиц при всплесках вниз по склону длиннее, чем вверх.

Эрозия при снеготаянии отличается меньшей выраженностью, но большей продолжительностью, чем дождевая эрозия. Потери почвы от эрозии при снеготаянии составляют чаще всего несколько тонн с гектара. Продолжительность процесса эрозии почвы при дождях гораздо меньше, чем при снеготаянии, и измеряется минутами и часами, а количество смываемой почвы – больше. Оно может достигать десятков тонн на гектар. В этом случае количество смываемой почвы зависит не только от параметров водного потока, но и от параметров дождевых капель.

Масштабы эрозии при снеготаянии определяются параметрами стока талых вод, которые обусловлены климатическими особенностями конкретной местности, водопроницаемостью мерзлой почвы и ее противоэрозионной стойкостью.

Эрозионную способность талой воды характеризуют не только запасы воды в снеге, но и интенсивность снеготаяния. Казалось бы, в южных районах этот показатель должен быть выше, чем в северных, однако в действительности это не так: интенсивность снеготаяния, например, в Подмосковье (0,065 мм/мин) выше, чем на Кубани (0,015 мм/мин). Объясняется это тем, что на юге ко времени весеннего снеготаяния снег залегаёт не сплошной пеленой, а пятнами. В результате оказывается, что интенсивность эрозии при снеготаянии нарастает с юга на север и с запада на восток или обратно дождевой эрозии [58].

Рельеф косвенным образом влияет на формирование почвенного покрова. Он выступает как перераспределитель тепла, влаги и твердых частиц почвы при эрозии. Рельеф оказывает влияние на водный и тепловой режимы почв, что существенно сказывается на формировании растительности, а следовательно, и на почвах. Особенно значим этот фактор в горных районах и долинах рек. С формами макрорельефа, какими являются горы, низменности, плато связано распределение почв и растительности в крупных географических масштабах, примером чему может служить явление вертикальной зональности в горах. Чрезвычайно расчлененный рельеф горных стран оказывает огромное влияние на перераспределение продуктов выветривания и почвообразования, определяет разнообразие почвенного покрова. На почвообразование влияет не только макрорельеф, но и мезорельеф. Элементы мезорельефа (водоразделы, долины рек, холмы, овраги, гряды и др.) перераспределяют зональные экологические факторы, обуславливают поселение особой растительности и изменение почв, как это имеет место, например, в долинах крупных рек. На равнинных участках рельефа почти все атмосферные осадки впитываются в почву, повышенные же формы рельефа теряют часть влаги за счет стока в понижения, где нередко происходит переувлажнение и заболачивание почв. Сильный сток воды с крутых склонов вызывает эрозию почв, создает трудные условия для поселения растений. Эрозионные процессы сильнее всего проявляются на крутых склонах южных экспозиций [59].

Длина и крутизна склона, величина водораздела, форма поверхности склона определяют степень развития эрозионных процессов. Чем протяженнее склон и больше его крутизна, тем на большей площади и с большей интенсивностью развивается эрозия. Интенсивность смыва почвы зависит от формы склона. На

выпуклых склонах она больше, на вогнутых – меньше. Степень размыва почвы и образование оврагов зависят от размера, формы и крутизны склона. Формирование стока и начало смыва на пашне начинают проявляться с уклонов $0,5-1^\circ$. Обычно склоны крутизной до $2,5^\circ$ заняты *слабоэродированными* почвами; от $2,5$ до $4,5^\circ$ заняты *среднеэродированными* почвами; выше $4,5^\circ$ – *сильноэродированными* почвами.



.....

Состояние и особенности самих почв оказывают большое влияние на интенсивность эрозии. Так, хорошо оструктуренные, гумусированные почвы легко- и среднесуглинистого механического состава отличаются рыхлостью, хорошей водопроницаемостью, а потому смыв и размыв на них резко сокращаются.

.....

Напротив, на бесструктурных, распыленных, уплотненных почвах тяжелого механического состава вода медленно впитывается, накапливается на поверхности и стекает в пониженные места рельефа, вызывая смыв и размыв почвы.

В обогащенной органическим веществом и структурной почве поверхностный сток легче переводится во внутрипочвенный, и эрозия проявляется менее активно. По мере смыва структурного и обогащенного гумусом верхнего слоя почвы обнажаются горизонты, для которых характерна более низкая влагоемкость и меньшая устойчивость против размывающего действия воды.

Устойчивость к эрозии разных типов почв различна. Из почвообразующих пород лессы и лессовидные суглинки особенно легко размываются движущейся водой. В области их распространения отчетливы проявления эрозии. Вслед за ними наиболее подвержены эрозии суглинки. Из-за хорошей водопроницаемости песчаные породы мало подвержены водной эрозии.

По степени уменьшения противоэрозионной стойкости важнейшие типы обрабатываемых почв можно расположить в такой последовательности: черноземы, серые лесные, дерново-подзолистые, каштановые, солонцы.

Растительный покров сильно уменьшает или полностью устраняет развитие эрозии почв. Густая растительность препятствует прямому удару дождевых капель и разрушению почвенных агрегатов. Часть воды удерживается кроной самих растений, а густой травостой резко замедляет скорость стока воды. Растительные остатки (стерня) на поверхности почвы способствуют задержанию и накоплению снега на поле, уменьшению глубины промерзания почвы. Они препятствуют развитию водной и ветровой эрозии почвы.

Растительный покров закрепляет почву корневой системой, создает дополнительные поры и дрены и способствует переводу поверхностного стока во внутрипочвенный. Растительность обогащает почву органическим веществом и оструктурирует ее, что также способствует ослаблению водной эрозии. Растения, покрывая почву, принимают на свою листовую поверхность большую часть механической энергии падающих капель, препятствуют их разрушающему действию. Растительный покров может играть роль препятствий на пути миграции водных и ветровых потоков. Поэтому и сам растительный покров, и способы его воздействия на почву учитываются при разработке системы противоэрозионных мероприятий.

Таким образом, растительность способствует впитыванию воды почвой, защищает поверхность почвы от разрушения и замедляет передвижение воды по поверхности.

Виды природной эрозии

Эрозия почв производится речным руслом, селевыми потоками и оползнями.

Речная эрозия. Реки, обладая высокой энергией, расширяют свою долину. Различают эрозию донную (или глубинную), направленную на врезание потока в глубину, и боковую, ведущую к подмыву берегов, а следовательно, к расширению долины [60].

По мере того как ослабевают донная эрозия, преобладающая на стадии формирования речного потока, усиливается боковая, направленная на подмыв берегов и расширение долины. Особенно сильно боковая эрозия проявляется во время половодий и паводков, когда скорость течения реки и турбулентность движения потока существенно увеличиваются. Вода подступает к обрывистому склону и от сильного вихревого движения в придонном слое подмывает берега. Начинается усиленный подмыв одного берега и накопление наносов на противоположном. Это приводит к образованию изгиба реки.

Процесс осаждения вещества не завершает перенос и эрозию, а происходит почти одновременно с ними. На первых стадиях развития реки преобладают процессы эрозии, но местами отлагаются и речные осадки, которые, однако, являются неустойчивыми и подвергаются новому размыву и переносу при увеличении полноводности потока и его скорости.

Сель – это временный стремительный русловый поток большой разрушительной силы, внезапно возникающий в бассейнах горных рек и сухих логов и

состоящий из смеси воды и обломков горных пород. Сели образуются при насыщении водных потоков береговыми горными породами. Причинами селей могут стать сильные продолжительный дожди, резкое таяние ледников или снежного покрова, землетрясение и извержение вулканов, обрушение речного склона. Может иметь место и антропогенный характер возникновения селей.

Оползень – это скользящее смещение (сползание) масс грунта или горных пород вниз по склонам гор и оврагов, крутых берегов морей, озер и рек под действием силы тяжести (в основном без потери контакта между движущимися и неподвижными породами)

Причины оползней: перенасыщение горных пород грунтовыми водами, сильные и продолжительные дожди, землетрясение, выветривание пород.



.....

Наиболее распространенной причиной возникновения оползней является перенасыщение горных пород грунтовыми водами, чаще всего оно встречается в сезоны дождей. Опасность оползней заключается в заваливании грунтом и травмировании людей и животных приносимыми оползнем камнями или деревьями. Кроме того, оползни разрушают строения и коммуникации, уничтожают пахотные земли.

.....

В широком смысле оползнями называют любое смещение породы. Тем не менее, медленные смещения катастрофическими не бывают. Смещения со средней скоростью (от нескольких метров в сутки до нескольких метров в час) менее опасны, но их последствия, как правило, ограничиваются материальным ущербом, так как вовремя проводится эвакуация населения. Только быстрые, со скоростью до десятков километров в час, смещения породы становятся причиной катастроф с большим числом жертв.

В отличие от селевого потока, оползень можно предсказать. Ему предшествуют трещины в грунте, разрыв дорог и береговых укреплений, смещение фундаментов зданий, деревьев, телеграфных столбов, разрушение подземных коммуникаций. Наблюдение за этими явлениями – важный элемент системы прогнозирования оползней. Также скопления оползневого материала обнаруживаются методом аэрофотосъемки [61].

Виды и факторы антропогенной эрозии

Промышленная эрозия почв в наибольшей степени проявляется в местах, используемых горнодобывающей промышленностью. Добыча полезных ископаемых, особенно открытым способом, приводит к нарушению рельефа местности, растительного и почвенного покрова, гидрологического и геохимического режима территории. Как следствие, изменяется состав атмосферного воздуха.

Изучение характера изменения гидрологического режима показало, что площадь, нарушенная горными разработками, ухудшает гидрологический режим на равной площади соседних территорий. Это сопровождается ухудшением состояния лесов окружающих территорий, понижением урожая сельскохозяйственной продукции.

Значительные площади в районах добычи полезных ископаемых заняты терриконами и отвалами – происходит процесс отторжения территорий.

Ущерб экосистемам наносят подземные горные разработки. Хотя непосредственно почвенный покров сильно не нарушается, но из-за проседания покрывающих пород на поверхности земли образуются трещины, воронки, углубления рельефа, не имеющие стока дождевых вод и превращающиеся в болота, сокращая площадь сельскохозяйственных угодий.

При подземной добыче угля ухудшается состояние лесов. На местах просядок поверхности земли образуются разрывы корневых систем деревьев, они засыхают и гибнут. Отвалы горных пород не только обезображивают ландшафт, но и повышают запыленность воздуха. Эрозия размывает породы и распространяется на близлежащие почвы.

Предприятия, перерабатывающие минеральное сырье, размещают большое количество твердых отходов производства, состоящих обычно из золы каменного угля или примесей минерального сырья. При их размещении также отторгаются территории, резко снижается эстетическая ценность ландшафтов, происходит загрязнение атмосферы и почвы [24].



Вырубка лесов также порождает эрозионные процессы. Лес является наиболее эффективной защитой почв от эрозии. Большие деревья с помощью корневой системы и травяные растения, корни которых образуют тонкие сплетения, как бы удерживают почву в «сетке» корневых систем. Лес задерживает талую и дождевую воду и препятствует этим образованию поверхностного стока. Вода посте-

пенно всасывается почвой, пополняя запас грунтовых вод, поддерживая влажность почвы. Благодаря высокой способности удерживать влагу, лес иногда сравнивают с водохранилищем. Считается, что на 10 тыс. га леса содержится до 500 тыс. м³ воды.

.....

После вырубki леса почвы остаются без защиты: талые и дождевые воды не задерживаются, стекают по склонам, захватывают частицы почвы и выносят их в реки. В землю попадает лишь незначительная часть влаги. Поверхностный сток воды увеличивается в 2–3 раза, снижая уровень грунтовых вод, что приводит к увеличению засушливости почв.

Кроме того, испарение с поверхности оголенной почвы проходит значительно интенсивнее. Засушливое действие испарения на незащищенных почвах приводит к понижению конденсации влаги в виде росы, что чрезвычайно важно для аридных зон.

Ирригационная эрозия возникает в районах орошаемого земледелия в результате неправильного полива. В тех случаях, когда вода на поля подается мощным потоком, стекает по склонам, происходит смыв и разрушение почвы и даже образование оврагов.

Основным фактором эрозии почв при поливе по бороздам является расход воды в поливную борозду. Он определяет скорость водного потока в ее головной части, а соотношение скорости водного потока и допустимой для данной почвы скорости обуславливает возникновение и развитие процесса ирригационной эрозии. Чем больше расход поливной воды, тем больше ее скорость и больше вероятность возникновения смыва почвы. Влияние расхода воды на ирригационный смыв зависит также от уклона поливной борозды. Чем больше уклон, тем больше скорость движения воды и вероятность возникновения эрозии [58].

7.2 Проблема вторичного засоления почв

Вторичное засоление следует за орошаемым земледелием, ежегодно превращая во многих странах сотни тысяч гектаров поливных земель в бесплодные.

Главными причинами деградации почв являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию, строительство оросительных каналов в земле без гидроизоляции, превышение оросительных норм, неконтролируемая подача воды, орошение минерализованной водой.

Орошаемые воды при фильтрации повышают уровень почвенно-грунтовых вод. При поверхностном способе орошения за 8–10 лет грунтовые воды

поднимаются до критического уровня, вызывая засоление, солонцевание или заболачивание почв.

Подстилающие грунты северных лесостепных зон и областей бессточных низменностей затронуты содовым и содово-сульфатным соленакоплением. На территориях, связанных с морскими трансгрессиями, преобладает сульфатно-хлоридное и хлоридное соленакопление.

Помимо вертикального движения солей следует принимать во внимание и горизонтальное их перераспределение, вызванное различием положения участков по рельефу или различиями в характере почвенного покрова.

Наиболее токсично содовое засоление. Оно вызывает резкую смену реакции почвенного раствора (рН 9–11), ухудшает физические свойства почвы, прежде всего ее структурное состояние. В черноземах при орошении исходная водопрочная зернистая или мелкокомковатая структуры пахотного горизонта быстро разрушаются. Появляется глыбистость, слитость, склонность к образованию поверхностной корки после поливов и дождей, это приводит к понижению содержания доступной растениям влаги, ухудшению воздухообмена, затрудняет их обработку, дренирование и промывку от солей.

Для орошения оптимальны воды с концентрацией солей до 1 г/л. В настоящее время минерализация воды в реках увеличилась до 0,8–1,5 г/л, при этом ее карбонатно-кальциевый состав стал меняться на сульфатно-магниевый, сульфатно-натриевый, хлоридно-натриевый и карбонатно-натриевый. Это связано с зарегулированностью стока рек, увеличением стока дренажных и промышленных вод, возрастанием процессов испарения.

7.3 Меры предотвращения эрозии почв

Сохранение почвы и борьба с эрозией почв – одна из важнейших задач человечества. Решать эту проблему можно только проведением комплекса взаимосвязанных мероприятий, основными из которых являются: организационно-хозяйственные; агротехнические; лесомелиоративные и лугомелиоративные; гидротехнические.

Все они направлены на регулирование поверхностного стока, защиту почв от смыва, размыва, намыва, на недопущение и прекращение ветровой эрозии, восстановление и повышение плодородия эродированных почв и вовлечение их в рациональное хозяйственное использование.

При выполнении комплекса взаимосвязанных противоэрозионных мероприятий создается противоэрозионная инженерно-биологическая система. Основной характеристикой эффективности противоэрозионной инженерно-биологической системы является гомеостаз – подвижная устойчивость агросистемы и ее способность возвращаться в исходное состояние после временного нарушения структуры при экстремальных возмущениях окружающей среды.

1. *Организационно-хозяйственные мероприятия* создают необходимые предпосылки для правильного сочетания и размещения элементов противоэрозионного комплекса, безопасного в эрозионном отношении использования земель, повышения их продуктивности. Это план землепользования, составленный с учетом требований борьбы с эрозией почв. В него входят размер и форма полей, направление их распаивания, правильное размещение культур с учетом их влияния на эрозионные процессы.

Основой для организационно-хозяйственных мероприятий является классификация земель по их использованию, степени эродированности и эрозионной устойчивости с учетом характера рельефа и микрорельефа местности, направления поверхностного стока воды и розы ветров, берется во внимание противоэрозионное значение выращиваемых сельскохозяйственных культур и лесных насаждений.

Для составления плана использования площади землепользования и разработки системы противоэрозионных мероприятий необходимо произвести противоэрозионную организацию территории.

2. *Агротехнические мероприятия* должны обеспечивать усиленное водопоглощение почвами, перехват талых и ливневых вод, повышать плодородие почв, препятствовать ветровой и водной эрозии, улучшать почвенный микроклимат. При наличии водной эрозии они включают глубокую обработку почвы по горизонталям, проведение специальных водозадерживающих приемов обработки (прерывистое бороздование, крестование, лункование, щелевание и др.), углубление пахотного слоя, снегозадержание и регулирование снеготаяния, внесение удобрений.

В районах ветровой эрозии большое влияние на дефляцию почв оказывают состояние сельскохозяйственных угодий и скорость ветра. Для предотвращения эрозии применяют безотвальную систему обработки почвы с внесением минеральных удобрений и сохранением стерни, посев кулис высокостебельных трав для снижения скорости ветра и задержания снега [62].

Большое значение имеет внедрение почвозащитной бесплужной системы земледелия. Только переход от отвальной вспашки к бесплужной обработке уменьшает смыв почвы в 2–4 раза. Дополнение ее щелеванием на склонах уменьшает смыв почвы примерно в 20 раз. Этот агротехнологический прием увеличивает фильтрацию осадков вглубь и подток влаги к корневой системе трав, в том числе и от уровня грунтовых вод. Все это улучшает влагообмен в корнеобитаемом слое почвы, создает благоприятные условия для более глубокого проникновения корней трав [63].

Вспашка с оборотом пласта, традиционно производимая в отечественном земледелии, нарушает естественные законы почвообразования и внутрипочвенные взаимосвязи. Дело в том, что верхние горизонты почвы заселены аэробными микроорганизмами, которым для жизни требуется кислород, а нижние горизонты, наоборот, анаэробной биотой, для которой существование не совместимо с кислородом. С оборотом пласта почвенная биота становится нежизнеспособной и погибает, нарушая внутрипочвенные взаимосвязи.

Выполнение агротехнических мероприятий на высоком уровне дает большой эффект.



Пример

Исследованиями в Каменной степи (Воронежская область) на участках крутизной 2° установлено, что обработка почвы поперек склона сокращает весенний сток воды в 2 раза, а смыв почвы – в 8 раз. Проведение прерывистых борозд в количестве 4 тыс. шт./га позволяет задержать на 1 га пашни дополнительно до 320 м³ воды, что приводит к уменьшению смыва и увеличению влажности почвы.

3. *Лесомелиоративные мероприятия* направлены на устранение причин возникновения ветровой и водной эрозии. При грамотном использовании они обеспечивают долгосрочный эффект.

Лесные насаждения для защиты почв от водной эрозии в равнинных районах создают чаще всего в виде полос (стокорегулирующих, прибалочных, приовражных), а также в виде сплошных и куртинных насаждений. Эти насаждения одновременно служат для защиты сельскохозяйственных культур от ветровой эрозии и суховеев.

Противоэрозионная роль лесных насаждений состоит в улучшении водно-физических свойств почв, что обеспечивает усиленное просачивание талых и

ливневых вод и уменьшение поверхностного стока. Почва под лесными насаждениями в условиях степи может поглотить от 150 до 300–400 мм талой воды в час. Это в 20 раз превышает водопоглощение пашни. Каждый гектар противоэрозионных насаждений переводит примерно 1 700 м³ талых вод в грунтовый сток.



Пример

Стокорегулирующие полосы предназначены для задержания и регулирования поверхностного стока, предотвращения смыва и размыва почвы на нижележащих частях склонов, равномерного снегораспределения. Их создают на склонах крутизной более 1,5–2°, где наблюдается интенсивный сток воды и водная эрозия почв. Располагают полосы поперек склона на расстоянии, определяемом длиной и крутизной склона. Непременным условием обработки почвы при создании стокорегулирующих лесных полос является пахота поперек склона (по горизонталям). Для повышения противоэрозионной роли стокорегулирующих полос их создание следует сочетать с обвалованием нижней опушки, сооружением прерывистой канавы в нижнем междурядье или глубоким щелеванием междурядий. Это проводят с целью обеспечения временного затопления почв лесной полосы; интенсивного впитывания воды почвой во время снеготаяния и ливней; задержания максимально возможного объема воды в лесополосе и, следовательно, уменьшения стока.

Прибалочные полосы создают вдоль бровок, балок с целью предотвращения размыва, сдувания в балки снега с полей, улучшения микроклимата на прилегающей территории, дополнительного увлажнения и хозяйственного использования прилегающих малопродуктивных земель. Полосы задерживают поверхностный сток и переводят его во внутрпочвенный. Древесные породы и кустарники, используемые для озеленения такого типа, должны быть малотребовательными и устойчивыми, с глубокой корневой системой.

Приовражные полосы предотвращают рост действующего оврага, защищают его откосы от размыва, регулируют поверхностный сток, улучшают микроклимат на прилегающей территории, затеняют откосы, улучшают их гидрологический режим, способствуют естественному зарастанию эродированных земель.

В общем агротехника выращивания приовражных, прибалочных и других овражно-балочных насаждений должна быть направлена на обеспечение максимального поглощения поверхностного стока, накопление и сохранение влаги в почве, уничтожение сорной растительности.

4. *Лугомелиоративные мероприятия* предусматривают залужение склонов, что является эффективным методом борьбы с эрозией почв. Травянистая растительность имеет мощную разветвленную корневую систему и густую надземную часть, прочно скрепляет верхние горизонты почвы, создавая на пути стока большую шероховатость, благодаря которой снижается скорость течения водных потоков и происходит кольматаж (отложение твердого стока). За счет задержанного мелкозема и включения органического вещества отмирающих растений постепенно восстанавливается плодородие смытых почв. Залужение склонов позволяет в большинстве случаев почти полностью предотвратить эрозионные процессы и повысить продуктивность угодий.



Пример

Перед залужением выравнивают промоины, а затем, в зависимости от степени эрозионности склона, производят сплошную или полосную вспашку. На крутых (до 12°) берегах гидрографической сети во избежание смыва и размыва применяют полосное залужение. Распаханные полосы шириной 40–50 м чередуют с нераспаханными (буферными) шириной 10–15 м. Через 2–3 года, когда посеянная травянистая растительность способна защитить склон от эрозии, распахивают и засеивают буферные полосы. На более крутых берегах (свыше 12°), подверженных сильной эрозии, почву пахут полосами шириной 20–30 м с оставлением защитных (буферных) полос шириной 15–20 м. В северных лесостепных районах для залужения используют травосмеси из бобовых и злаковых; в центральных лесостепных районах – костер безостый, овсяницу луговую, люцерну желтую, экспарцет песчаный; в степных районах – люцерну желтую, экспарцет песчаный, житняк, пырей, костер безостый.

При залужении сильно эродированных земель в пределах гидрографического фонда применяют травосмеси из наиболее засухоустойчивых высокоурожайных, зимостойких и долговечных трав (клевер, люцерна желтая и желто-гибридная, экспарцет песчаный, костер безостый и прямой, житняк широкополосный, овсяница луговая).

5. *Гидротехнические мероприятия* применяют в том случае, когда необходимо быстро ликвидировать разрушительное действие водной эрозии. Осуществляются они в комплексе с организационно-хозяйственными, агротехническим лесомелиоративными мероприятиями. Основным гидротехническим мероприятием по защите почв от эрозии и повышению производительности земельных угодий является регулирование и задержание стока вод. Для этого строят пруды, водоемы, лиманы, валы с широким основанием и другие сооружения, которые проектируют с учетом полного задержания стока талых и ливневых вод. Если на склонах невозможно задержать весь сток, его с помощью водоотводящих и водорассеивающих сооружений и устройств отводят в безопасные в эрозионном отношении места.

Закрепление оврагов и промоин осуществляется путем строительства простейших гидротехнических сооружений: распылителей поверхностного стока, водозадерживающих и водоотводящих валов и канав, водосбросных вершинных устройств и донных запруд. Распылители поверхностного стока призваны вывести из ложбин воду на прилегающие задернованные пологие склоны.

В том случае, если необходимо быстро прекратить рост оврага в длину, а условий для устройства водозадерживающих валов нет, создают водосбросные вершинные сооружения. Они могут быть представлены быстроточками, ступенчатыми перепадами или консольными сбросами. Быстроточки – наклонные трубы или лотки, по которым вода стекает сверху вниз без отрыва от их дна.

Таким образом, водная эрозия почв является естественным процессом, но в результате антропогенной деятельности она ускоряется, становясь основной причиной уменьшения площадей сельскохозяйственных угодий. Проведение комплекса противоэрозионных мероприятий, сопровождающих хозяйственную деятельность человека, способствует сохранению ценнейшего природного ресурса – плодородного слоя почвы [62].



Выводы

Эрозия почвы – естественный процесс. Различают ветровую и водную эрозии. Естественные факторы, оказывающие воздействие на интенсивность эрозии, – климат, рельеф, наличие или отсутствие растительности.

Темпы эродирования земель существенно ускорились в связи с воздействием человека. Интенсификация сопровождается сельскохозяйственную деятельность – распашку, орошение, скотоводство; промышленную деятельность,

особенно связанную с горной добычей полезных ископаемых. Проявление эрозии – смытые или унесенные слои почвы, промоины, балки, овраги – приводит к снижению продуктивности экосистем и отторжению территорий, пригодных для возделывания под сельскохозяйственные культуры.

С целью сохранения плодородия почвы, сохранения самой почвы важным становится проведение мероприятий по охране почв от эрозии. Это лесомелиоративные и лугомелиоративные мероприятия, создание гидротехнических сооружений, проведение правильной агротехнической обработки почвы, планирование организационно-хозяйственных мероприятий по использованию территории.

Создание и выращивание взаимодействующей системы защитных лесных насаждений в комплексе с другими мероприятиями является мощным фактором борьбы с эрозией.



Контрольные вопросы по главе 7

1. Какие виды почвенной эрозии вам известны?
2. Чем отличается естественный природный эрозионный процесс от сельскохозяйственной эрозии?
3. Формирование стока и начало смыва почвенного слоя на пашне начинает проявляться с уклонов $0,5-1^\circ$. Верно ли это высказывание?
4. Перечислите формы водной эрозии.
5. К каким последствиям для экосистемы приводит образование оврагов?
6. На что направлено проведение организационно-хозяйственных мероприятий? В чем они заключаются?
7. Какие гидротехнические сооружения, способствующие отведению водостока, вам известны?

8 Защита биосферы, социально-ориентированные направления деятельности человечества

Основные направления охраны окружающей среды. Деятельность по охране природных экосистем. Правовое регулирование природопользования. Экозащитные процессы и технологии как способ снижения воздействия техногенных объектов на состояние прилегающих территорий. Органическое земледелие – экологичная тенденция в сельском хозяйстве.

8.1 Основные направления охраны окружающей среды

При планировании и осуществлении природоохранных мероприятий следует исходить из положения о том, что экосистемы – системы открытого типа. Это территории, связанные не только единым источником энергии – Солнцем, но и движением воздушных масс, токами подземных вод. Все это обеспечивает трансграничный перенос веществ, в том числе и загрязняющих, и обуславливает необходимость мероприятий по охране окружающей среды на глобальном, международном уровне. Это ни в коей мере не обесценивает локальных мероприятий, направленных на охрану природных и иных территорий. Таким образом, эффективность защиты биосферы складывается на уровне решения местных проблем, проблем региональных, государственных и межгосударственных.

Основные направления охраны природы определяются исходя из экологических и экономических реалий функционирования и развития экосистем биосферы и человеческой цивилизации:

1. Создание систем защиты на производстве: от применения экозащитных технологий на стадии ввода в производственный цикл сырья и совершенствования технологических процессов производства до эффективной системы очистки от выбрасываемых газообразных и жидких отходов производства, утилизации или включения в новый производственный цикл твердых, жидких компонентов.
2. Планирование территорий городских и промышленно нагруженных систем с учетом особенностей климата и расположения сырьевых ресурсов и иных производств.

3. Сохранение природных ресурсов, плодородных свойств почв и остановка их деградации; обеспечение продуктами питания населения планеты.
4. Сохранение эталонных участков природных экосистем, биологического разнообразия планеты, изучение классических основ экологии современных экосистем планеты: природных, полуприродных, техногенных и урбанизированных.
5. Обеспечение экологической грамотности населения планеты как потребителя ресурсов и разумных существ, создание социальных процессов, формирующих общественное мнение по вопросам, касающимся безопасности популяции населения конкретной территории и человечества в целом.
6. Создание международных организаций и программ, курирующих ситуацию и разрабатывающих меры по улучшению экологических вопросов, касающихся основных проблем современности.
7. Создание на уровне государства и на международном уровне системы правовых основ, определяющих меру ответственности для лиц, организаций и систем более высоких уровней, нанесших ущерб окружающей среде.
8. Создание нормативной базы показателей, определяющих степень несоответствия или соответствия состояния компонентов окружающей среды диапазону толерантности (требованиям) живых организмов для их жизнедеятельности.

Часть аспектов охраны окружающей среды изложены в методических указаниях по выполнению самостоятельной работы.

8.2 Деятельность по охране природных экосистем

Создание Красной книги. Деятельность по охране живой природы в различных странах в 1948 г. объединил и возглавил Всемирный союз охраны природы. Сейчас Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) – это международная организация, занимающаяся освещением проблем сохранения биоразнообразия планеты. Задача Союза – влиять, поощрять, помогать обществам во всем мире сохранять целостность и разнообразие природы.

В 1949 г. Союз принял решение о создании Комиссии по выживанию видов, что привело к созданию Красной книги, первое издание которой вышло в свет в 1963 г.



.....

Красная книга – аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, животных и грибов, а также некоторых подвидов и локальных популяций.

.....

Красные книги бывают разного уровня – международные, национальные и региональные. Первая Красная книга в СССР вышла в свет в августе 1978 г. Изменения экологической ситуации требуют постоянных обновлений данных, касающихся вопросов охраны видов. Красные книги переиздаются, над ними работают специальные комиссии [64].

Особо охраняемые территории и их виды. В соответствии с Законом Российской Федерации «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995, в России существуют законодательные положения о создании и функционировании таких территорий.



.....

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. Эти территории решением органов государственной власти полностью или частично изымаются из хозяйственного использования, для них установлен особый режим охраны [65].

.....

ООПТ в России разделяют на семь категорий: государственные природные заповедники (в том числе биосферные); национальные парки; природные парки; государственные природные заказники; памятники природы; дендрологические парки и ботанические сады; лечебно-оздоровительные местности и курорты.



.....

Согласно закону РФ «Об особо охраняемых природных территориях», государственный природный заповедник – одна из категорий особо охраняемых природных территорий исключительно федерального значения, полностью изъятых из хозяйственного использования в целях сохранения природных процессов и явлений, редких и уникальных природных систем, видов растений и животных.

.....

Природный заповедник – это федеральное государственное учреждение, имеющее целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений. В заповеднике, на переданной ему в постоянное (бессрочное) пользование территории или входящей в его границы акватории сохраняются генетический фонд растительного и животного мира, отдельные виды и сообщества растений и животных, типичные и уникальные экологические системы.



.....
Национальный парк – это территория, где в целях охраны окружающей среды ограничена деятельность человека.

В отличие от заповедников, где деятельность человека практически полностью запрещена, на территорию национальных парков допускаются туристы, в ограниченных масштабах допускается хозяйственная деятельность.

На территории национальных парков могут выделяться различные функциональные зоны: заповедная, заказники, рекреационная, хозяйственного назначения (необходимая для функционирования природного парка), познавательного туризма, обслуживания посетителей, отдыха, физической культуры и спорта.



.....
Природный парк – это природоохранное рекреационное учреждение.

Природный парк – охраняемый обширный участок природного или культурного ландшафта, используемый для рекреационных, природоохранных, просветительских и других целей. В отличие от заповедников, режим охраны менее строгий. Здесь, как и в национальном парке, могут выделяться природоохранные, рекреационные, агрохозяйственные и иные функциональные зоны.



.....
Ландшафт – природный географический комплекс, в котором все основные компоненты: рельеф, климат, воды, почвы, растительность и животный мир находятся в сложном взаимодействии, образуя единую неразрывную систему.

Государственный природный заказник – охраняемая природная территория, на которой (в отличие от заповедника) под охраной находится не весь природный комплекс, а некоторые его части: только растения, только животные, либо их отдельные виды, либо отдельные историко-мемориальные или геологические объекты.

Для обеспечения неприкосновенности охраняемых объектов в заказниках запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности, такие как охота, рыболовство, сенокос, выпас скота. Другие виды хозяйственной деятельности, не влияющие на охраняемые объекты, могут быть разрешены.



.....

Памятник природы – охраняемая природная территория, на которой расположен редкий или достопримечательный объект живой или неживой природы, уникальный в научном, культурном, историко-мемориальном или эстетическом отношении.

.....

Это может быть водопад, метеоритный кратер, уникальное геологическое обнажение, пещера или, например, редкое дерево. Иногда к памятникам природы относят территории значительных размеров – леса, горные хребты, участки побережий и долин.

Для большей части памятников природы устанавливается режим заказников, но для особо ценных природных объектов может быть установлен режим заповедников.



.....

Ботанический сад – территория, на которой с научно-исследовательской, просветительской и учебной целью культивируются и изучаются растения разных частей света и различных климатических зон.

.....

Ботанические сады, в которых изучаются в основном деревья, называются дендропарками.



.....

Лечебно-оздоровительным местностям и курорты – территории (акватории), пригодные для организации лечения и профилактики заболеваний, а также отдыха населения.

.....

Лечебно-оздоровительные местности и курорты обладают природными лечебными ресурсами (минеральные воды, лечебные грязи, рапа лиманов и озер, лечебный климат, пляжи, части акватории и внутренних морей, другие природные объекты и условия) [65].

8.3 Правовое регулирование природопользования

Основы правового механизма природопользования



.....

Природопользование или управление природными ресурсами – использование природных ресурсов в процессе хозяйственной деятельности с целью достижения определенного экономического эффекта.

Рациональное природопользование – это система природопользования, при которой с максимально возможной эффективностью используются изымаемые природные ресурсы и уменьшается объем их потребления. Кроме того, обеспечивается восстановление возобновляемых природных ресурсов [66].

.....

Правовое экологическое законодательство определяют положения Конституции Российской Федерации: ст. 9 – об использовании и охране природных ресурсов; ст. 36 – о праве владения землей; ст. 58 – об обязанности каждого сохранять природу; ст. 71 – об отнесении к ведению Российской Федерации федеральной политики в области экологического развития; ст. 72 – об объектах совместного ведения РФ и субъектов РФ и другие статьи.

Конституция определяет субъекты принятия экологического законодательства. К ведению Российской Федерации, согласно ст. 71 Конституции, относятся области права: регулирование и защита экологических прав человека и гражданина; федеральная государственная собственность (прежде всего на природные ресурсы) и управление ею; метеорологическая служба, стандарты, в том числе в области охраны окружающей среды; гражданское и гражданско-процессуальное законодательство как основные рычаги защиты природных ресурсов и их владельцев; производство наркотических и ядовитых веществ и порядок их использования.

В соответствии со ст. 72 Конституции к совместному ведению России и ее субъектов относятся: защита экологических прав и свобод граждан, экологическая безопасность; разграничение государственной собственности на природные ресурсы.

Базовым документом в области экологии до 2002 г. считался Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды», принятый 19 декабря 1991 г. Затем он претерпел некоторые изменения, и с 2002 г. базовым

законом является Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды». Он согласуется в основе с Конституцией РФ и освещает вопросы, касающиеся прав граждан на здоровую и благоприятную среду. Также в Законе выделены правовые основы экономического механизма охраны среды; нормирования качества окружающей среды; экологического контроля и экологических требования при строительстве и функционировании предприятий и других объектов. Затронуты вопросы, касающиеся чрезвычайных экологических ситуаций и разрешения споров и ответственности в области охраны окружающей среды.

В последствии закон неоднократно пересматривался, однако, согласно указанному закону, все юридические и физические лица обязаны руководствоваться следующими принципами:

- приоритетом охраны жизни и здоровья человека;
- таким сочетанием экологических и экономических интересов общества, которое обеспечивает гарантию прав на благоприятную для жизни окружающую среду;
- рациональным использованием природных ресурсов;
- соблюдением требований природоохранного законодательства, неотвратимостью наступления ответственности за его нарушение;
- гласностью и связями с общественностью при решении экологических задач [67].

Для правового регламентирования потребления отдельных природных ресурсов приняты кодексы: Водный, Земельный, Лесной; законы: «О недрах», «Об охране атмосферного воздуха», «О животном мире».

Охране от загрязнения, истощения, разрушения подлежат: естественные экологические системы, озоновый слой атмосферы; земля, ее недра, подземные и поверхностные воды, воздух, растительный и животный мир, природные ландшафты, заказники, памятники природы, редкие виды растений и животных и места их обитания.



.....

В природно-ресурсном законодательстве ведущее место принадлежит земельному праву. Земля может находиться в частной, государственной, муниципальной и иной собственности.

.....

По назначению земли подразделяются на категории:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов;

- земли промышленности, транспорта, связи, обороны;
- земля природоохранного, заповедного, оздоровительного, рекреационного (восстановительного) и историко-культурного фондов;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли запаса.

Отнесение земель к той или иной категории определяется законодательством Российской Федерации. Каждой категории соответствует свой правовой статус и режим. Так, например, в пределах населенных пунктов застройка ведется в соответствии с генеральными планами.

Охрана земель проводится их собственниками. Государство контролирует соблюдение физическими и юридическими лицами земельного законодательства. Контроль осуществляется администрацией субъектов Федерации и органов местного самоуправления. Контроль ведется с помощью мониторинга земель и государственного земельного кадастра.

Экологические законы на уровне субъектов Федерации конкретизируют требования по охране окружающей среды применительно к местным условиям, а в ряде случаев – непосредственно к крупным предприятиям-природопользователям – потенциальным загрязнителям биосферы.

Экологические права граждан

В Декларации Стокгольмской конференции ООН по охране окружающей среды (1972 г.) записано, что человек имеет основное право на свободу, равенство и благоприятные условия жизни в окружающей среде, качество которой позволяет вести достойную и процветающую жизнь. Человек несет ответственность за охрану и умножение окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений. Подобным образом ориентированы решения Всемирной конференции в Рио-де-Жанейро о необходимости обеспечения устойчивого экономического и экологического развития.

Праву граждан на благоприятную среду принадлежит ведущее место. Это личное право граждан, подобно неприкосновенности личности, неприкосновенности жилища, охране личной жизни. Природная среда – важнейший фактор состояния личности, а земля – пространственное место расположения жилища. Политические права и свободы связаны с экологическими и служат средством их обеспечения, защиты, гарантирования.

Негативными факторами, препятствующими реализации экологического права человека, можно считать последствия научно-технического прогресса с его интенсификацией производства, воздействующего на природную среду; недостатки управления охраной природы, нарушение приоритета экологии перед экономикой, неразвитость экологического сознания многих граждан, их слабая экологическая информированность.

Право природопользования граждан закреплено в правовых актах и реализуется достаточно широко.

Общее природопользование: население может свободно бывать в лесах, собирать ягоды и грибы, не повреждая деревья и кустарники, не трогая муравейников и птичьих гнезд. Также свободно используются для отдыха и спорта водные объекты.

Законодательство предоставляет гражданам право участия в решении экологических вопросов, осведомленности о состоянии и перспективах изменения окружающей среды. Общегосударственная служба наблюдения и контроля за уровнем загрязнения окружающей среды собирает и обрабатывает информацию о состоянии атмосферного воздуха. Если в результате неблагоприятного сочетания метеорологических факторов и вредных воздействий промышленных выбросов возникает угроза здоровью населения, об этом немедленно сообщается заинтересованным организациям, учреждениям, местным органам власти. Гласность является обязательной предпосылкой реализации права граждан на благоприятную для жизни окружающую среду. Соответствующие органы (Госкомэкология, Минприроды, Минздрав) обязаны систематически публиковать сведения о состоянии окружающей среды

Граждане имеют право участвовать в проведении экологических экспертиз различных проектов. Общественные природоохранные организации имеют право публиковать свои программы, организовывать экологические проверки, участвовать в их проведении, ставить вопрос о закрытии вредных производств.

Государство координирует природоохранную работу предприятий и организаций независимо от их ведомственной принадлежности. Органы государственной власти и местного самоуправления несут полную ответственность за экологическую обстановку в соответствующих регионах.

Государственным органам охраны природы, комитетам по экологии и их органам на местах предоставлено право:

- налагать запреты на строительные и другие работы, проводимые с нарушением природоохранного законодательства;

- предъявлять предприятиям и отдельным гражданам иски о взыскании средств в возмещении ущерба, причиненного загрязнением или нерациональным использованием природных ресурсов;
- рассматривать дела об административной ответственности за правонарушения в области охраны природы;
- вести работы по предотвращению нарушений экологического законодательства.

Виды ответственности граждан за экологические правонарушения

За нарушение природоохранного законодательства должностные лица и граждане несут дисциплинарную, гражданско-правовую, административную или уголовную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Дисциплинарная ответственность. Поскольку большинство вторжений человека в окружающую природную среду обусловлено его производственной деятельностью, дисциплинарная ответственность в экологической области может иметь широкое распространение. Дисциплинарная ответственность – это форма воздействия на нарушителей путем наложения на них дисциплинарных взысканий: замечания, выговора, строгого выговора, перевода на нижеоплачиваемую работу, смещения на низшую должность (на определенный срок), увольнения. Дисциплинарная ответственность носит превентивный характер, имеет свойства быстроты и оперативности наложения, простоты исполнения, легко доходит до сознания и воздействует на волю участников общественных отношений.

Гражданско-правовая (гражданская) ответственность – это один из видов юридической ответственности. Заключается в применении к правонарушителю установленных законом или договором мер воздействия, влекущих экономически невыгодные последствия имущественного характера.

На правонарушителя накладываются обязанности возместить потерпевшей стороне имущественный вред в натуре (реальное возмещение) или в денежной форме: штрафы, пени для компенсации понесенных убытков. Суммы возмещения вреда должны, как правило, взыскиваться за счет его причинителя, а в конечном итоге за счет виновного лица. Эти деньги должны расходоваться на ликвидацию вредных последствий экологических правонарушений. По оценке институтов Академии наук, экологический ущерб от загрязнений природы в Российской Федерации превышает триллионы рублей в год, фактическое возмещение его физическими лицами неудовлетворительное.

Административная ответственность наступает в случае административного правонарушения (проступка) – противоправного виновного действия или бездействия, ведущего к нарушению государственного или общественного порядка, к посягательству на общественную, частную или иную собственность, права и свободы граждан, на установленный порядок управления. Административное наказание применяется уполномоченными государственными органами или уполномоченными лицами. Меры административного взыскания: предупреждение, штраф, административный арест, возмездное изъятие или конфискация предмета, явившегося орудием совершения или объектом правонарушения, исправительные работы, лишение специальных прав.

Административная ответственность классифицируется по видам природных ресурсов:

1. Охрана атмосферного воздуха. Выбросы вредных веществ с превышением установленных нормативов, ввод предприятий без соблюдения требований по охране атмосферного воздуха, выпуск транспортных средств с повышенным количеством выбросов вредных веществ, неправомерное сжигание отходов, невыполнение предписаний органов, контролирующих охрану атмосферного воздуха, и др.
2. Защита лесов. Нарушение правил использования лесного фонда, незаконная порубка и повреждение деревьев, уничтожение подроста в лесах, самовольный сбор дикорастущих плодов, орехов и ягод на участках, где это запрещено, нарушение сроков сбора, повреждение леса вредными выбросами, нарушение правил пожарной безопасности, уничтожение ограничительных знаков в лесах и др.
3. Пользование недрами. Нарушение требований по охране недр и гидроминеральных ресурсов, нарушение правил геологических изысканий недр и др.
4. Охрана вод. Нарушение правил охраны водных ресурсов, неправильная регистрация в судовых журналах работ с вредными веществами, нарушение правил эксплуатации водохозяйственных сооружений и устройств и т. д.
5. Сельское хозяйство. Административные взыскания налагаются за бесхозное использование земель, порчу земли, нарушение внутривладельческого землеустройства, уничтожение межевых знаков и др.
6. Охота и рыболовство, китобойный промысел и др.

Уголовная ответственность – это один из видов юридической ответственности, правовое последствие совершения преступления; заключается в применении к виновному государственного принуждения в виде уголовного наказания. Мера наказания определяется приговором суда. Уголовная ответственность установлена Уголовным кодексом Российской Федерации, вступившим в силу 1 января 1997 г., и применяется только судом при совершении преступления. Используется при совершении общественно опасных экологических деяний в случае, когда другие, более мягкие меры наказания недостаточны, безрезультативны и для перевоспитания нарушителей требуются более строгие, уголовные санкции.

В уголовном порядке налагается наказание:

- 1) за серьезное загрязнение водоемов, рек, морей, атмосферного воздуха;
- 2) умышленное уничтожение лесных массивов (поджог и пр.);
- 3) нарушение ветеринарных правил, повлекшее распространение эпизоотий;
- 4) незаконную охоту, незаконный рыбный промысел, незаконный промысел бобров, котиков и других морских животных;
- 5) нарушение правил разработки и сдачи золота;
- 6) нарушение законодательства о шельфе [66].

8.4 Экозащитные процессы и технологии как способ снижения воздействия техногенных объектов на состояние прилегающих территорий



.....
Экологически чистые технологии (Purer Technologies) – методы производства продукции, при которых сырье и энергия применяются максимально рационально, так, что объемы выбрасываемых в окружающую среду веществ и отходов сведены к минимуму.

Процессы, лежащие в основе этих технологий, называются экологически чистыми. В современной и зарубежной экологической литературе также встречаются термины «энвайроментология» и «энвайроменталистика». Первый из них означает комплексную дисциплину об окружающей человека среде, главным образом природной, ее качестве и охране, а второй – техническое приложение энвайроментологии – способы и методы очистки отходящих газов и сточных вод, реутилизации отходов и т. д.

В отечественной экологии термин «энвайроменталистика» можно заменить термином «техника защиты окружающей среды» или «экозащитная техника». Экозащитная техника, в свою очередь, базируется на разнообразных физических, химических, биологических и физико-химических процессах. Эти процессы получили название «экозащитные процессы».

В настоящее время использование экозащитных процессов может быть направлено на очистку вредных выбросов и сбросов промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий. В эту систему включена также переработка твердых отходов и защита окружающей среды от энергетических загрязнений. Использование этого пути не решает проблему кардинально, так как в процессе очистки один вид загрязнений превращается в другой. Например, можно повысить степень очистки воздуха от пыли, заменив сухие пылеуловители мокрыми (влажными), но одновременно это усилит загрязнение водных сбросов за счет образования шлама. Однако эта система защиты на сегодняшний день является наиболее приемлемой для предприятий и других источников загрязнений, имеющих достаточно старое промышленное оборудование и не имеющих возможности полностью его модернизировать.

Другая система защиты заключается в разработке таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы.

Это *малоотходные и безотходные* технологии, основанные на экономии исходного сырья, топлива, материалов, энергии. Создание экологически чистого (безотходного) производства – длительный процесс, требующий решения сложнейших взаимосвязанных технологических, экономических, организационных, психологических и других задач. Оно должно базироваться на принципах, указанных далее применительно к разным сферам.

Возможности приведения производственных технологических процессов к категории экологически чистых:

- разработка новых процессов, снижающих или практически исключаящих образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду;
- комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное использование потенциальных энергоресурсов;
- геотехнологические методы разработки месторождений полезных ископаемых;
- безводные методы обогащения и переработки месторождений;

- замена химических процессов с использованием агрессивных сред на инертные;
- замена, при возможности, первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными.



.....
 Существует несколько определений понятия «безотходное (малоотходное) производство» (технология). По Н. Ф. Реймерсу:

1. *Безотходная технология – технология, дающая технически достижимый минимальный объем твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов и выбросов. Это определение – синоним технологии малоотходной. Достижение полной безотходности нереально, так как противоречит второму началу термодинамики.*

2. *Технология, дающая теоретически достижимый минимум отходов всех видов. По Н. Н. Семенову и И. В. Петрянову-Соколову, безотходная технология есть практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы обеспечить в рамках человеческих потребностей наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и обеспечить защиту окружающей среды.*

3. *Кроме того, безотходное производство (технология) представляет собой такой способ производства продукции, при котором все сырье и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы, а любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.*

.....

Достижению показателей малоотходной технологии способствует работа по направлениям использования сырья, совершенствования аппаратного оформления, обращения с готовой продукцией.

Сырье, материалы и энергоресурсы: обоснованность их качества, использование для технологических нужд сырья и материалов не более высокого (например, питьевой воды), а строго определенного качества; предварительная подготовка сырья и топлива, извлечение наиболее токсичных компонентов (например, серы из угля); замена высокотоксичных веществ (например, ртути, кадмия, свинца и др.) менее токсичными; замена, при возможности, сырья и энергоресурсов нетрадиционными, местными, попутно добываемыми.

Аппаратное оформление: разработка принципиально новых аппаратов, совмещающих в себе ряд процессов; оптимизация их размеров и производительности; герметизация; использование новых конструктивных материалов, позволяющих увеличить долговечность аппаратов, уменьшить их массу.

Готовая продукция: безвредность; длительность использования; обеспечение возможности рециклизации после физического или морального износа; быстрая биоразлагаемость при попадании в окружающую среду (например, широко распространенной тары, упаковочных материалов); удобство эксплуатации.

Организация безотходного производства – также важный комплекс мероприятий в процессе достижения состояния экологически чистого производства. Он складывается из нескольких принципов:

- принцип системности (является ключевым);
- цикличность потоков веществ и материалов;
- возможность комбинирования производства на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов;
- возможность кооперации производств на основе переработки и утилизации отходов;
- обоснованность района и площадки строительства с учетом фонового загрязнения окружающей среды, перспектив развития данного производства и других видов хозяйственной деятельности в регионе;
- создание территориально-производственного комплекса; рациональная организация производства;
- создание региональных центров (или систем) по обезвреживанию и переработке отходов, прежде всего токсичных.

При организации современного производства необходимо наряду с обеспечением цикличности в использовании природных ресурсов особое внимание уделить снижению количества отходов, особенно токсичных, образующихся в ходе производственных процессов.

В настоящее время используют три экологические концепции:

- 1) *концепция воздушной среды* как главного фактора создания экологической ситуации в промышленном регионе;
- 2) *концепция водооборота* промышленного региона как фактора его жизнеобеспечения;
- 3) *концепция депонирующих сред*.

Они позволяют провести оценку состояния окружающей среды в промышленном регионе. Однако при решении основной задачи промышленной экологии – инженерной защиты окружающей среды от производственных и транспортных загрязнений, данные положения являются слишком общими.

Создание замкнутых технологических систем проще всего проанализировать на примере бессточных систем водообеспечения. Эти системы являются составной частью малоотходных и ресурсосберегающих экологически чистых технологий. Такой способ водопользования должен стать общепринятым взамен традиционно сложившейся системы водопользования: вода – использование – очистка – сброс.



..... Пример

Оптимальный вариант замкнутой системы водоснабжения должен быть основан на следующих принципах: на предприятиях должна быть создана единая система водного хозяйства, включающая в себя водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод как подготовку их для повторного использования; свежая вода должна использоваться только для особых целей и восполнения потерь в системах; очистка должна сводиться к регенерации отработанных технологических растворов и воды с целью их повторного использования в производстве; при этом необходимо создание локальных замкнутых систем технического водоснабжения (они служат основными звеньями замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий); методы, применяемые для регенерации технологических растворов и воды, должны обеспечивать одновременное извлечение ценных компонентов и доведение образующихся отходов до товарного продукта или вторичного сырья.

.....

На смену дифференцированному подходу к разработке основных технологий, систем водоснабжения и методов очистки сточных вод должна прийти разработка системы водного хозяйства промышленных предприятий, включающая в себя оптимизацию использования воды во всех операциях, производствах и цехах, регенерацию отработанных растворов с одновременным извлечением ценных компонентов и получением новых видов товарной продукции.

Проектирование систем водопользования должно осуществляться одновременно с проектированием основной технологии с учетом научно обоснованных требований к качеству воды и правил ее использования (они должны определять, где, как, сколько и какого качества воду следует использовать). При этом

регенерация рассматривается не как вспомогательная, а как основная завершающая операция производства товарного продукта. В настоящее время есть возможность во многих отраслях промышленности предусмотреть замкнутые системы водоснабжения. На многих предприятиях такие системы уже созданы. В ряде случаев стоимость очистки сточных вод для повторного использования их в системе промышленного водоснабжения может быть значительно ниже стоимости их очистки при выпуске в водный объект. Необходимо отметить, что экологически замкнутые территориально-промышленные комплексы наиболее целесообразно создавать на стадии проектирования [68, 69].

8.5 Органическое земледелие – экологичная тенденция в сельском хозяйстве

Органическое земледелие в российском сельском хозяйстве не является абсолютно новым. Основоположник современной системы органического земледелия – английский ученый Альберт Говард (1873–1948). Большую часть своей жизни он провел в Индии, где и разработал систему компостирования и удобрения почвы органикой. Основные принципы своего метода он изложил в книге «Заповеди сельского хозяйства», которая заинтересовала и привлекла к практической деятельности много сторонников со всего мира. Основоположником биодинамического земледелия стал Рудольф Штайнер (1861–1925).

Основу биодинамического земледелия составили два принципа:

- восприятие почвы как живого существа или тела;
- все процессы на Земле, в том числе и развитие живых организмов, находятся под влиянием космических воздействий, которые необходимо учитывать, т. к. космос является источником жизненной энергии.

Первая частная торговая марка органической продукции зарегистрирована в 1928 г. производителями биодинамической продукции *Demeter*. Сегодня маркировка *Demeter* пользуется большим доверием потребителей. В объединение входит 5 000 фермеров.

Маркировка Почвенной ассоциации Великобритании *Soil Association (SA)* также имеет большую историю и пользуется авторитетом. Стандарт был разработан в 1967 г., система сертификации запущена в 1973 г. Маркировка крупнейшего объединения производителей органической продукции Германии *Bioland* зарегистрирована в 1981 г. В объединение входит 8 000 фермеров, которые работают в соответствии со строгими правилами *Bioland* [70].

В России в 2020 г. вступил в силу Федеральный закон об органической продукции № 280-ФЗ, который определил основные положения об органическом земледелии в РФ.



.....
Органическая продукция – экологически чистые сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которых соответствует требованиям, установленным Федеральным законом.

Органическое сельское хозяйство – это совокупность видов экономической деятельности, определенных Федеральным законом № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» и при осуществлении которых применяются способы, методы и технологии, направленные на обеспечение благоприятного состояния окружающей среды, укрепление здоровья человека, сохранение и восстановление плодородия почв.

Федеральным законом об органической продукции определены основные требования к производству органической продукции (ст. 4), которые включают:

- 1) обособление производства органической продукции от производства продукции, не относящейся к органической продукции;
- 2) запрет на применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста и откорма животных, гормональных препаратов, за исключением тех, которые разрешены к применению действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции;
- 3) запрет на применение трансплантации эмбрионов, клонирования и методов генной инженерии, генно-инженерно-модифицированных и трансгенных организмов, а также продукции, изготовленной с использованием генно-инженерно-модифицированных и трансгенных организмов;
- 4) запрет на использование гидропонного метода выращивания растений;
- 5) запрет на применение ионизирующего излучения;
- 6) применение для борьбы с вредителями, болезнями растений и животных средств биологического происхождения, а также осуществление мер по предупреждению потерь, наносимых вредными организмами растениям или продукции растительного происхождения, которые основаны на защите энтомофагов (естественных врагов вредителей растений), на

выборе видов и сортов растений, на подборе севооборота, оптимальных методов возделывания растений и методов термической обработки органической продукции;

- 7) подбор пород или видов сельскохозяйственных животных с учетом их адаптивных способностей и устойчивости к болезням, создание условий, способствующих сохранению их здоровья, ветеринарному благополучию, естественному воспроизводству, и обеспечение оптимальных санитарно-гигиенических показателей их содержания;
- 8) использование пищевых добавок, технологических вспомогательных средств, ароматизаторов, усилителей вкуса, ферментных препаратов, микроэлементов, витаминов, аминокислот, предусмотренных действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции [71].

Для потребителя продукции важно суметь распознать такой товар. До вступления в силу законодательства производитель мог употреблять слова и размещать маркировку типа «органик». Сейчас и это закреплено законодательно в статье Федерального закона.

Маркировка органической продукции

В случае размещения маркировки, являющейся отличительным признаком органической продукции, на упаковке, потребительской, транспортной таре продукции, соответствие производства которой не подтверждено в соответствии со ст. 5 настоящего Федерального закона или действие сертификата соответствия производства которой приостановлено либо прекращено, производитель такой продукции, разместивший указанную маркировку, несет ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Кроме того, предусмотрен период перехода к органическому сельскому хозяйству и производству органической продукции от обычной системы землепользования и скотоводства. В течение этого периода обеспечивается внедрение правил ведения органического сельского хозяйства и производства органической продукции, установленных действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции. Не допускается размещать маркировку органической продукции на упаковке, потребительской, транспортной таре сельскохозяйственной продукции, сырья и пищевых продуктов, произведенных в переходный период.

Производители органической продукции – юридические и физические лица, которые осуществляют производство, хранение, маркировку, транспортировку и реализацию органической продукции и включены в единый государственный реестр производителей органической продукции [71].

Маркировка органической продукции подтверждает, что продукция произведена в полном соответствии со стандартом, ее производство проверено на всем жизненном цикле инспекторами органа по сертификации. Сертификат, который получает производитель органической продукции, является юридическим документом для сельхозпроизводителя, а маркировка на его продукции – юридическим документом для потребителя. Органы по сертификации в обязательном порядке ведут реестры производителей и продукции прошедших у них сертификацию [70].

Экологическую направленность органического сельского хозяйства иллюстрируют принципы его развития, поддержанные в том числе и в современной России:

1. Принцип здоровья. Органическое сельское хозяйство направлено поддерживать и улучшать здоровье почв, растений, животных и человека как целостную экосистему.
2. Принцип экологичности. Органическое сельское хозяйство основывается на принципах существования экологических систем и природных циклов. Это ведение хозяйства органично с природой.
3. Принцип уникальности. Органическое сельское хозяйство – оригинальная форма производства, переработки сельхозпродукции с учетом уникальности экологии, экономики и самобытности региона.
4. Принцип справедливости. Органическое сельское хозяйство направлено на устойчивое развитие сельских территорий через справедливое отношение к окружающей среде и справедливую экономику.
5. Принцип заботы. Забота о сохранении и возобновлении природных ресурсов. Сбережение окружающей среды для будущих поколений [71].



Выводы

Природоохранная деятельность имеет множество различных аспектов. Это может быть система запретов на пользование той или иной ресурсной базой, выраженная в прямой охране определенных территорий и видов живых организмов.

Особо охраняемые природные территории и виды, занесенные в Красную книгу, – тому примеры.

Природоохранная деятельность также может осуществляться в процессе рационального природопользования, путем использования безотходных и малоотходных технологий, направленных на ресурсосбережение и сокращение выбросов в окружающую среду при осуществлении производственной деятельности. Сельскохозяйственные технологии ресурсосбережения – защита почв и экосистем реализуются в том числе посредством применения принципов и методов органического земледелия. Кроме того, существует система мероприятий, направленных на защиту почвенных ресурсов, рассмотренных в гл. 7. Производство органической продукции имеет целью улучшение качества жизни ее производителей и потребителей, что отражено принципами органического земледелия и производства.

Все аспекты природоохранной деятельности регулируются законодательной базой. В России такими основными законами являются Конституция РФ и Закон «Об охране окружающей среды».



Контрольные вопросы по главе 8

1. Комплексная дисциплина об окружающей человека среде, главным образом природной, ее качестве и охране, – это «энвайроментология» или «энвайроменталистика»?
2. Территория, где в целях охраны окружающей среды ограничена деятельность человека – это заповедник или национальный парк?
3. Какой основной закон РФ регулирует природоохранную деятельность?
4. Что такое Красная книга? Когда и по чьей инициативе она была создана?
5. Назовите принципы органического земледелия.
6. На чем основано определение безотходной технологии?
7. В чем отличие органической сельскохозяйственной продукции от традиционной?

Литература

1. Керженцев, А. С. Функциональная экология / А. С. Керженцев ; отв. ред. Э. Г. Коломыц ; Ин-т фундамент. проблем биологии РАН. – М. : Наука, 2006. – 259 с.
2. Бродский, А. К. Общая экология : учебник / А. К. Бродский. – М. : ИЦ «Академия», 2006. – 256 с.
3. Прокопьев, Е. П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы) / Е. П. Прокопьев. – Томск : Изд-во ТГУ, 2001. – 329 с.
4. Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений : учебник / Т. И. Серебряков [и др.]. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. – 543 с. : ил.
5. Экологическая ниша вида [Электронный ресурс] // Сайт «Школьный мир». – Режим доступа: <http://worldofschool.ru/biologiya/stati/ekologiya/ekosistemy/ekologicheskaya-nisha> (дата обращения: 08.06.2020).
6. Модель «хищник – жертва» [Электронный ресурс] // Сайт «Наша-природа.РФ». – Режим доступа: <https://ours-nature.ru/lib/b/book/1063747118/56> (дата обращения: 08.06.2020).
7. Шилов, И. А. Экология / И. А. Шилов. – М. : Высш. шк., 1997. – 518 с.
8. Стадницкий, Г. В. Экология / Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – СПб. : Химия, 1996. – 240 с.
9. Куценко, С. А. Основы токсикологии / С. А. Куценко. – СПб., 2002. – 638 с.
10. Пивоваров, Ю. П. Гигиена и основы экологии человека / Ю. П. Пивоваров, В. В. Королик, Л. С. Зиневич ; под ред. Ю. П. Пивоварова. – 2-е изд., стер. – М. : ИЦ «Академия», 2006. – 528 с.
11. Небел, Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир : пер. с англ. / Б. Небел. – М. : Мир, 1993. – Т. 1. – 24 с.
12. Гейвандов, Э. А. Экология : словарь-справочник для школьников и студентов : в 2 т. / Э. А. Гейвандов. – М. : Культура и традиции, 2002. – Т. 2. – 416 с.
13. Одум, Ю. Основы экологии : пер. с англ. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
14. Связь между объектами живой и неживой природы [Электронный ресурс] // Сайт «Природа мира». – Режим доступа: <https://natworld.info/>

- raznoe-o-prirode/jekologicheskaja-sistema-ponjatie-sut-tipy-i-urovni (дата обращения: 18.03.2020).
15. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М. : Прогресс, 1980. – 638 с.
 16. Незнамова, Е. Г. Пространственно-временная структура лесных сообществ мелких млекопитающих Томского Приобья : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. Г. Незнамова. – Томск, 2003. – 20 с.
 17. Незнамова, Е. Г. Экология организмов : учеб.-метод. пособие / Е. Г. Незнамова. – Томск : Изд-во ТУСУР, 2007. – 136 с.
 18. Пищевая цепь леса, пример – как составить? [Электронный ресурс] // Сайт «Большой вопрос. Ru». – Режим доступа: <http://www.bolshoy-vopros.ru/questions/1545504-pischevaja-cerp-lesa-primer-kak-sostavit.html> (дата обращения: 18.10.2020).
 19. Энергия в экосистемах [Электронный ресурс] // Сайт Grandars.ru. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/energiya-v-ekosistemah.html> (дата обращения: 07.01.2021).
 20. Потоки вещества и продуктивности в экосистеме. Биологическая продуктивность экосистем [Электронный ресурс] // Сайт «Экология – учебные материалы». – Режим доступа: <https://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=278> (дата обращения: 18.01.2021).
 21. Траектория экологической мысли. На пути к современному пониманию биосферы [Электронный ресурс] // Сайт журнала «Наука и жизнь». – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/17600/> (дата обращения: 07.01.2021).
 22. Сукцессии [Электронный ресурс] // Сайт Grandars.ru. – Режим доступа: <https://www.grandars.ru/shkola/geografiya/sukcessiya.html> (дата обращения: 07.05.2020).
 23. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества : в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд ; пер. с англ. В. Н. Михеева, М. А. Снеткова; под ред. А. М. Гилярова. – М. : Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с. : ил.
 24. Грант, В. Эволюционный процесс / В. Грант ; пер с англ. ; под ред. и с предисл. Б. М. Медникова. – М. : Мир, 2003. – 278 с. : ил.
 25. Скоробогатова, О. Н. Учение о биосфере : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / сост. О. Н. Скоробогатова. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2008. – 263 с. – Режим доступа: <http://nvsu.ru/ru/Intellekt/1130/Uchenie%20o%20biosfere%20->

- %20Uchebno-metodicheskoe%20posobie%20-%202008.pdf (дата обращения: 12.01.2021).
26. Учение о биосфере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3852550/page:7/> (дата обращения: 12.06.2020).
 27. Будыко, М. И. Эволюция биосферы / М. И. Будыко. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 488 с.
 28. Еремченко, О. З. Учение о биосфере : учеб. пособие [Электронный ресурс] / О. З. Еремченко ; Перм. ун-т. – 2-е изд., доп. – Пермь, 2004. – 251 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/fakultety/bio/uchenie-o-biosfere.pdf> (дата обращения: 12.06.2020).
 29. Вернадский, В. И. Проблемы биогеохимии / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1980. – 320 с.
 30. Вернадский, В. И. Философские мысли натуралиста / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1988. – 520 с.
 31. Основы общей и экологической токсикологии : учеб. пособие / А. Н. Батян, Г. Т. Фрумин, В. Н. Базылев. – СПб. : СпецЛит, 2009. – 352 с.
 32. Незнамова, Е. Г. Экологическая токсикология : учеб.-метод. пособие / Е. Г. Незнамова. – Томск : Изд-во ТУСУР, 2007. – 118 с.
 33. Коммонер, Б. Замыкающийся круг / Б. Коммонер // Природа. Человек. Технология. – М. : Гидрометеоиздат, 1974. – 280 с.
 34. Почвоведение : учебник для ун-тов : в 2 ч. / Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. ; под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – М. : Высш. шк., 1988. – Ч. 1. Почва и почвообразование. – 400 с. : ил.
 35. Фрумин, Г. Т. Экологическая химия и экологическая токсикология / Г. Т. Фрумин. – СПб. : РГГМУ, 2002. – 204 с.
 36. Садовникова, Л. К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении : учеб. пособие / Л. К. Садовникова, Д. С. Орлов, И. Н. Лозановская. – 3-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 2006. – 334 с.
 37. Солнечный свет инициирует химические реакции в нижней атмосфере [Электронный ресурс] // Сайт Gismeteo.ru. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/news/sobytiya/23341-solnechnyy-svet-initsiiiruet-himicheskie-reaktsii-v-nizhney-atmosfere/> (дата обращения: 15.01.2021).
 38. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии : учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – М. : Колос, 2000. – 416 с.

39. Куценко, С. А. Основы токсикологии / С. А. Куценко. – СПб., 2002. – 638 с.
40. Оксигендлер, Г. И. Яды и противоядия / Г. И. Оксигендлер. – Л. : Наука, 1982. – 168 с.
41. Каздым, А. А. Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий / А. А. Каздым. – СПб. : Наука, 2006. – 160 с.
42. Стреж, О. П. Экология / О. П. Стреж, А. А. Луговых. – СПб. : АСТ, Восток-Запад, 2007. – 192 с.
43. Городской климат [Электронный ресурс] // Сайт Booksite.ru. – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/011/958.htm> (дата обращения: 15.01.2021).
44. Оленьков, В. Д. Градостроительная безопасность / В. Д. Оленьков. – СПб. : ЛКИ, 2007. – 104 с.
45. Методические рекомендации по разработке схем зонирования территории города МДС 30-1.99. – М., 1999. – 5 с.
46. Денисов, В. Н. Благоустройство территорий жилой застройки / В. Н. Денисов, Ю. Х. Лукманов. – М. : МАНЭБ, 2006. – 224 с.
47. Шумовое загрязнение [Электронный ресурс] // Сайт musorish.ru. – Режим доступа: <https://musorish.ru/shumovoe-zagryaznenie/#i-6> (дата обращения: 08.01.2021).
48. Семутникова, Е. В. Городская среда и зонирование территории // ЭКО-Журнал. – 2009. – № 5. – С. 28–31.
49. Источники электромагнитного излучения и его влияние на человека // Сайт Sun-craft.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sun-craft.org/samozashita/vliyanie-elektromagnitnogo-izlucheniya/> (дата обращения: 18.01.2021).
50. Карташев, А. Г. Электромагнитная экология / А. Г. Карташев. – Томск : Томский государственный университет, 2000. – 275 с.
51. Дмитренко, В. П. Экологические основы природопользования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Дмитренко, Е. М. Месинева, А. Г. Фетисов. – СПб. : Лань, 2019. – 224 с. // ЭБС «Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118626> (дата обращения: 15.04.2020).
52. Калье, М. И. Влияние КВЧ-излучения на морфофизиологические показатели и активность ферментов прорастающих семян зерновых культур [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / М. И. Калье // Сайт Earthpapers.net. – Режим доступа: <http://earthpapers.net/vliyanie->

- kvch-izlucheniya-na-morfofiziologicheskie-pokazateli-i-aktivnost-fermentov-prorastayuschih-semyan-zernovyh-kultu (дата обращения: 18.04.2020).
53. Мазец, Ж. Э. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения на активность амилазы в проростках LUPINUS ANGUSTIFOLIUS L. / Ж. Э. Мазец, К. Я. Кайзинович, Н. В. Пушкина, В. Н. Родионова, Е. В. Спиридович // Труды БГУ. – 2013. Т. 8, ч. 2. – С. 95–101.
 54. Нарсулаева, З. Ю. Влияние электромагнитного поля на рассаду [Электронный ресурс] // Сайт научного журнала «Современные наукоемкие технологии». – Режим доступа: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25904> (дата обращения: 20.04.2020).
 55. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика: сверхнизкочастотные электромагнитные излучения [Электронный ресурс] : учебник / Ю. Б. Кудряшов, А. Б. Рубин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 216 с. // ЭБС «Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59635> (дата обращения: 08.05.2020).
 56. Симаков, Ю. Г. Живые приборы / Ю. Г. Симаков ; под ред. В. М. Климачева. – М. : Знание, 1986. – 176 с.
 57. Экозащитные технологии [Электронный ресурс] // Сайт Studwood. – https://studwood.ru/1579940/meditsina/vozdeystvie_elektromagnitnogo_izlucheniya_himicheskie_reaktsii (дата обращения: 08.05.2020).
 58. Виды водной эрозии [Электронный ресурс] // Образовательный проект «Наука о почве». – Режим доступа: <http://www.soil-science.ru/page-id-242.html> (дата обращения: 06.12.2012).
 59. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек : учеб. пособие / Ю. В. Новиков. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИЦ «Файр-пресс», 2002. – 560 с.
 60. Короновский, Н. В. Геология : учебник для экологических специальностей вузов / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – М. : ИЦ «Академия», 2007. – 448 с.
 61. Карлович, И. А. Закономерности развития техногенеза в структуре географической оболочки и его геоэкологические последствия [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / И. А. Карлович. – Владимир, 2004. – 48 с. // Национальная электронная библиотека. – Режим доступа: https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_002799505?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 20.10.2020).

62. Родин, А. Р. Лесомелиорация ландшафтов : учеб. пособие / А. Р. Родин, С. А. Родин, С. Л. Рысин. – 4-е изд., доп. и испр. – М. : МГУЛ, 2002. – 127 с.
63. Булыня, А. А. Как повысить урожайность сельскохозяйственных культур на осушенных землях 2009 года / А. А. Булыня, Н. Н. Погодин // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 3(83). – С. 52–57.
64. Красная книга России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://redbookrf.ru/> (дата обращения: 19.09.2020).
65. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 № 33-ФЗ (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] // Система «ГАРАНТ». – Режим доступа: <http://base.garant.ru/10107990/#ixzz6aXdgpVl4> (дата обращения: 19.09.2020).
66. Дерябин, В. А. Экология : учеб. пособие / В. А. Дерябин, Е. П. Фарафонтова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 136 с.
67. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 20.09.2020).
68. Сотникова, Е. В. Теоретические основы процессов защиты среды обитания [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Сотникова, В. П. Дмитренко, В. С. Сотников. – СПб. : Лань, 2014. – 576 с. // ЭБС «Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53691> (дата обращения: 10.09.2020).
69. Рыкованов, В. А. Системы защиты среды обитания [Электронный ресурс] : практикум для студентов, обучающихся по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» / В. А. Рыкованов, А. Д. Цветкова. – СПб. : СПбГЛТУ, 2013. – 49 с. // ЭБС «Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45738> (дата обращения: 10.09.2020).
70. Маркировка органической продукции [Электронный ресурс] // Сайт Союза органического земледелия. – Режим доступа: <https://soz.bio/markirovka-organicheskoy-produkcii-v-rossii-i-mire/> (дата обращения: 10.09.2020).
71. Федеральный закон «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от

03.08.2018 № 280-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «Консультант-Плюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017 (дата обращения: 01.10.2020).

72. Принципы развития органического сельского хозяйства в Союзе органического земледелия [Электронный ресурс] // Сайт Союза органического земледелия. – Режим доступа: <https://soz.bio/o-soyuze/manifest/> (дата обращения: 11.01.2021).
73. Федоров, А. Я. Предельные циклы в сложных экологических системах «хищник – жертва» [Электронный ресурс] / А. Я. Федоров, Т. В. Горохова, Л. П. Холпанов // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 6. – С. 41–47. – Режим доступа: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=12769> (дата обращения: 10.03.2021).

Глоссарий

Абиотические факторы – совокупность факторов неживой природы, влияющих на жизнь и распространение живых организмов.

Абсорберы (адсорберы) представляют собой аппараты, в которых очистка от газов осуществляется с применением разнообразных по составу поглотительных растворов (используется принцип абсорбции загрязнителей).

Агломерация – пространственно и функционально целостная группа поселений городского типа, составляющая общую социально-экономическую и экологическую систему.

Автотрофы – организмы, синтезирующие органические соединения из неорганических путем фотосинтеза или хемосинтеза.

Адаптация: 1) совокупность особенностей данного биологического вида, обеспечивающих ему специфический образ жизни в определенных условиях среды; 2) процесс приспособления организма к изменяющимся условиям среды.

Аддитивность (суммация) – вариант комбинированного воздействия токсичных веществ на организм, выраженный простой суммацией эффектов их воздействия.

Аллохтонный организм – внесенный в местный биоценоз извне. Может быть временным видом биоценоза либо адаптироваться к длительному существованию в нем.

Антагонизм – вариант комбинированного воздействия токсичных веществ на организм, при котором выраженный эффект комбинированного воздействия менее ожидаемого при простой суммации.

Антропогенные факторы – факторы, порожденные деятельностью человека и воздействующие на окружающую природную среду: непосредственное воздействие человека на организмы или воздействие на организмы через изменение человеком их среды обитания (загрязнение окружающей среды, эрозия почв, уничтожение лесов, опустынивание, сокращение биологического разнообразия, изменение климата и др.).

Антропоцентрический подход в экологии уделяет внимание влиянию человеческого фактора на природу и влиянию этих изменений на человека. Например, распространению загрязняющих веществ и их влиянию на здоровье человека.

Аридные зоны характеризуются жарким, сухим климатом; годовая испаряемость значительно превышает годовую сумму осадков.

Аутохтонный микроценоз – биоценоз микроорганизмов, постоянно живущих и размножающихся в воде (почве).

Безотходная технология – технология, дающая технически достижимый минимальный объем твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов и выбросов.

Биоаккумуляция – накопление токсичного вещества в организме.

Биогеоценоз – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и др.) компонентов, объединенных обменом вещества и энергии в единый природный комплекс.

Биом – совокупность экосистем, тесно связанных климатическими условиями и типом растительности. Например: биом тайги.

Биомасса – суммарная масса особей вида (популяции или сообщества), выражаемая обычно в единицах массы сухого или сырого вещества, отнесенных к единицам площади или объема любого местообитания (кг/га, г/м², кг/м³).

Биологическая очистка сточных вод – очистка воды с помощью микроорганизмов; может быть как аэробной (с доступом кислорода), так и анаэробной (без доступа кислорода).

Биологическая продуктивность экосистемы есть скорость формирования биомассы.

Биомагнификация – передача по пищевым цепям накопленного в результате биоаккумуляции токсичного вещества с повышением его концентрации в организмах вышестоящих уровней.

Биоразнообразие – разнообразие жизни во всех ее проявлениях. Также под биоразнообразием понимают разнообразие на трех уровнях организации: генетическое разнообразие (разнообразие генов и их вариантов – аллелей), видовое разнообразие (разнообразие видов в экосистемах) и, наконец, экосистемное разнообразие, то есть разнообразие самих экосистем.

Биосфера – глобальная система Земли, в которой геохимические и энергетические превращения определяются суммарной активностью всех живых организмов – живого вещества.

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

Биотоп – физическая среда обитания сообщества; в случае полного отсутствия на участке живых организмов имеет место термин «экотоп», но на практике, например, для зооценоза, биотопом называется место, заросшее растительностью.

Биотическая трансформация – процесс разрушения веществ, в частности, ксенобиотиков, живыми организмами (в основном бактериями и грибами), которые используют ксенобиотики в качестве питательных веществ.

Биоценоз (сообщество) – совокупность популяций, населяющих определенную территорию (биотоп, экотоп) и находящихся во взаимодействии.

Биоцентрический подход в экологии – изучение законов развития природных экосистем.

Боновые заграждения – устройства для огораживания пролитой на водный объект нефти, препятствующее ее распространению по воде.

Видовое богатство – количество видов всей биоты или какой-то ее части (сосудистых растений, мхов, лишайников, водорослей, грибов, нематод, насекомых, птиц и т. д.) на определенной площади; простой показатель, отражающий биологическое разнообразие.

Выравненность видов – степень равномерности распределения видов по обилию (численности).

Гетеротрофы – организмы, которые не способны синтезировать органические вещества из неорганических и потребляют готовую органику.

Гигрофиты – растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы.

Гидролиз – растворение вещества молекулами воды.

Гидрофильное (гидрофобное) вещество – растворимое (нерастворимое) в воде.

Гомотермные (гомойотермные) животные – организмы, которые имеют постоянную температуру тела, не зависящую от изменений температуры окружающей среды (птицы, млекопитающие).

Гумидные зоны характеризуются влажным климатом; годовая испаряемость незначительно превышает годовую сумму осадков.

Гумус – основное органическое вещество почвы, обеспечивающее ее плодородие, содержит питательные вещества, необходимые высшим растениям.

Девастированные ландшафты – нарушенные интенсивной хозяйственной деятельностью, например, горнодобывающей.

Депонирование веществ в организме – задержка и накопление вещества в тканях организма. Происходит это в основном вследствие обратимого связывания вещества с белками, фосфолипидами и нуклеопротеинами клеток. Концентрация вещества в месте его депонирования (в депо) может быть достаточно высокой.

Дефолиация – процесс опадения листьев на растении, вызванный применением группы пестицидов – дефолиантами или загрязнением экосистемы.

Детергент – поверхностно-активное синтетическое вещество, употребляемое в промышленности и быту как моющее средство и эмульгатор; один из основных загрязнителей водоемов.

Диапазон толерантности – значения экологического фактора от минимального до максимального, переносимого данным организмом или экосистемой в целом.

Динамика численности популяции – изменения численности популяции во времени под воздействием разнообразных экологических факторов; в природных популяциях контролируется по принципу отрицательной обратной связи.

Доминант – организм (вид), занимающий в группе подобных организмов (видов в сообществе) господствующее положение.

Дренаж – осушение местности путем понижения уровня грунтовых вод.

Залужение – прием биологической рекультивации земель – засеивание территории травянистой растительностью.

Закон минимума Ю. Либиха – жизненные возможности организмов ограничивают те экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому организму минимуму.

Закон толерантности – жизненные возможности организмов ограничивают те экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому организму минимуму или максимуму.

Зоофаг – животное, употребляющее в пищу преимущественно животных; консумент второго, третьего, четвертого порядков, хищник.

Зооценоз – сообщество животных, объединенное территорией проживания и связями, характерными для сообщества.

Иерархия в популяции – система поведенческих связей между особями в группе животных, регулирующая их взаимоотношения и доступ к пище, убежищу, особям противоположного пола.

Катализатор – вещество, ускоряющее химические реакции за счет снижения энергии активации реакции, при этом само расходуется медленно.

Клиренс (от англ. *clearance* – очищение) – объем жидких сред организма, освобождающихся от токсичного вещества в результате биотрансформации и выведения его с желчью и мочой (в мл/мин/кг).

Коагуляция – процесс укрупнения дисперсных частиц за счет их взаимодействия и объединения в агрегаты.

Консументы – организмы, не способные синтезировать органические вещества из неорганических; обладают гетеротрофным типом питания.

Констелляция (от лат. *constellatio* – взаимное положение) – совокупность экологических факторов, воздействующих в природе на организмы не в виде простой суммы, а как сложное взаимодействующее соотношение (см. синергизм, антагонизм).

Красная книга – аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, животных и грибов, а также некоторых подвидов и локальных популяций. Первое издание выпущено по инициативе МСОП в 1963 г.

Ксенобиотик – любое чужеродное для организма или сообщества вещество (пестициды, детергенты и др.), которое может вызывать нарушение нормальных функций организма, в том числе заболевания и гибель.

Ксерофиты – растения, обитающие в засушливых местах.

Кумуляция – накопление токсиканта в организме.

Липофильное вещество – вещество, растворимое в жирах (липидный слой мембран клетки, жировое депо организма).

Мезофиты – растения, произрастающие в усредненных по влажности условиях.

Нитраты – соли азотной кислоты (HNO_3), попадают в организм человека с овощами, продуктами промышленного производства (колбасы, консервы и т. п.), водой; в организме возможно превращение в нитриты.

Нитриты – соли азотистой кислоты (HNO_2); при образовании из нитратов в организме оказывают на него токсическое, канцерогенное действие.

Ноосфера – сфера взаимодействия общества и природы, эволюционирующая в результате разумной деятельности человека.

Обеззараживание – процесс полного уничтожения находящихся в воде (или другой среде) микроорганизмов.

Объемы ресурсов среды или емкость среды – число особей, которым данное местообитание может обеспечить нормальную жизнедеятельность без ухудшения состояния среды.

Органическая продукция – экологически чистые сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие, производство которых происходило без применения химических методов и соответствует требованиям, установленным законодательно.

Органическое сельское хозяйство – совокупность видов экономической деятельности, при осуществлении которых применяются способы, методы и технологии, направленные на обеспечение благоприятного состояния окружающей среды, укрепление здоровья человека, сохранение и восстановление плодородия почв.

Органолептические показатели воды характеризуют качество воды, определяемое посредством зрения и обоняния исследователя (привкус, запах, мутность, цветность).

Особо охраняемые природные территории – участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение.

Первичная продукция сообщества – биомасса органического вещества, синтезированного автотрофами.

Персистирование – перемещение вещества в экосистеме в неизменном виде.

Песколовка является частным случаем отстойника; вода не задерживается долго.

Пестициды – ядохимикаты, применяемые в сельском и лесном хозяйстве для борьбы с грибковыми, вирусными заболеваниями растений, насекомыми-вредителями, грызунами, сорняками растений.

Пойкилотермные животные – организмы с неустойчивой температурой тела, зависящей от температуры окружающей среды.

ПДК_{сс} (среднесуточная предельно допустимая концентрация) – такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) воздействии.

Пищевая (трофическая) цепь – последовательность трофических уровней какой-либо экосистемы.

Плодородие почвы – способность почвы обеспечивать рост и воспроизводство растений.

Поглотительная способность почв – способность почв к поглощению твердых, жидких и газообразных веществ и включению в свой состав.

Поллютанты – загрязняющие вещества; химические соединения, повышенное содержание которых в биосфере и ее компонентах вызывает негативную токсико-экологическую реакцию.

Популяция – совокупность особей определенного вида, в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений) населяющих определенное пространство, внутри которого осуществляется скрещивание и нет заметных изоляционных барьеров, которая отделена от соседних таких же совокупностей особей данного вида той или иной степенью давления изоляции.

Потенцирование (синергизм) – усиление эффекта действия (эффект больше, чем суммация) каждого токсичного вещества при их совместном воздействии на биосистему.

Правило 10% (правило Линдемана) – биомасса каждого последующего трофического уровня приблизительно на 90% меньше таковой предыдущего.

Принцип Ле Шателье – Брауна – при воздействиях на систему в ней развиваются процессы, стремящиеся ослабить внешнее негативное влияние.

Принцип отрицательной обратной связи – регуляторный механизм взаимодействий в экосистемах, обеспечивающий ее динамический гомеостаз.

Принцип эмерджентности – биологические системы обладают свойствами, которые нельзя свести к сумме свойств составляющих их подсистем.

Продуктивность – важнейший показатель сообщества; есть скорость формирования биомассы.

Продуценты – организмы, продуцирующие органическое вещество из простых неорганических веществ (автотрофные и хемотрофные организмы).

Природопользование или управление природными ресурсами – использование природных ресурсов в процессе хозяйственной деятельности с целью достижения определенного экономического эффекта.

Псевдоадаптация (компенсация) – приспособление организма к условиям окружающей среды, обусловленное изменениями, протекающими со скрытыми нарушениями функций организмов.

Пылеосадочная камера – устройство для осаждения крупных пылевых частиц отходящих газопылевых выбросов предприятий.

Рациональное природопользование – система природопользования, при которой с максимально возможной эффективностью используются изымаемые

природные ресурсы, уменьшается объем их потребления, обеспечивается восстановление возобновляемых ресурсов.

Редуценты – организмы, разлагающие мертвое органическое вещество и превращающие его в неорганическое вещество, усваиваемое другим организмами; другое название редуцентов – деструкторы, детритофаги; эти организмы специализируются на сапротрофном типе питания.

Резорбтивное действие – действие лекарственных средств или токсичных веществ, проявляющееся после всасывания их в кровь.

Рекреационная территория – территория, предназначенная для отдыха населения. Может быть по расположению как пригородной, загородной, так и внутригородской.

Рекультивация почв – система приемов по восстановлению нарушенных ландшафтов; проводится в три этапа: подготовительный, горнотехнический, биологический.

Санитарно-защитная зона – предназначена для уменьшения отрицательного влияния промышленных и транспортных объектов на население, должна быть озеленена и свободна от застройки жилых помещений и помещений социально-культурного назначения.

Сапробность организмов – комплекс физиологических свойств определенного организма, обуславливающего его способность развиваться в воде с тем или иным содержанием органических веществ.

Сапротрофы – гетеротрофные организмы, использующие для питания органические соединения мертвых тел или выделения (экскременты) животных.

Селитебная зона – территория, отведенная для застройки жилыми домами.

Сенсибилизация – повышение чувствительности организма к воздействию вещества.

Сидерация – агротехнический прием, направленный на улучшение качества почвы: выращивается травянистая культура, затем производится распашка почвы, при этом зеленые растения запахиваются в почву.

Скруббер – устройство, применяемое для «мокрой» очистки отходящих газопылевых выбросов производственного цикла; применяется распыление воды.

Содоминант (субдоминант) – вид, преобладающий по численности в биоценозе, но уступающий по численности доминанту.

Сорбция – процесс поглощения твердым телом или жидкостью различных веществ из окружающей среды.

Среда обитания (окружающая среда) – все тела, процессы, явления (природного и антропогенного происхождения), с которыми непосредственно или косвенно взаимодействует биологическая система. Различают наземно-воздушную, водную, почвенную среду обитания; для паразитических организмов средой обитания является организм хозяина.

Стенобионт – организм, способный существовать в строго определенных условиях среды, обладающий малой индивидуальной приспособляемостью.

Сукцессия – направленные изменения экосистем (от лат. *successio* – преемственность, последовательность); последовательная смена одних фитоценозов (биоценозов, биогеоценозов) другими на определенном участке среды.

Тератогены – вещества, которые при воздействии на организм вызывают уродства развития.

Токсиканты – вещества, ядовитые для организма, биоценоза, экосистемы

Толерантность – способность организма выносить отклонения значений экологических факторов от оптимальных для него значений.

Топический ресурс (ресурс местообитаний) – разнообразие и площадь территорий, подходящих для проживания определенного вида.

Трофический уровень – совокупность организмов с одинаковым типом питания. Выделяют основные трофические уровни – продуцентов, редуцентов, консументов.

Тургор – осмотическое давление в живой клетке, вызывающее напряжение клеточной оболочки. У растений тургор обеспечивает сохранение формы неодревесневших органов и положение их в пространстве.

Тяжелые металлы – условное название группы металлов, способных выполнять роль токсикантов в биосистеме (от организма до экосистемы); к ним относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева с атомными массами свыше 50 а. е. м.

Урбанизация – объективный процесс повышения роли городских территорий в развитии общества, обусловленный потребностями общества, производства, характером общественного строя.

Устойчивость экосистемы – способность экосистемы к реакциям, пропорциональным по величине силе воздействия, которые гасят эти воздействия. При этом в экосистеме возбуждаются компенсационные (отрицательные) обратные связи, что равноценно выполнению принципа Ле Шателье.

Фитоценоз – сообщество растений, объединенное общностью территории произрастания и внутривидовыми связями.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) – часть доходящей до биоценозов солнечной радиации в пределах 400–700 нм спектра электромагнитных волн, используемая растениями для фотосинтеза.

Фотоавтотрофы используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала – неорганические вещества, основными из которых являются углекислый газ и вода.

Фотопериодизм (от гр. *photos* – свет и *periodos* – круговорот, чередование) – реакция живых организмов (растений и животных) на суточный ритм освещенности, продолжительность светового дня и соотношение между темным и светлым временем суток (фотопериодами).

Фитофаг – организм, питающийся растениями. Это консумент по трофическому уровню; по типу питания – гетеротроф.

Флотация – физико-химический метод очистки сточных вод; в основе процесса рассматривается явление молекулярного слипания в воде частиц примесей загрязняющего вещества и тонкодиспергированных пузырьков воздуха, нагнетаемых в очищаемый объем воды; система «пузырек – загрязнитель» переходят в пенный слой, откуда удаляются.

Фотолиз – разрушение химических веществ под действием солнечного света (ультрафиолетовых лучей). Фотолиз проходит главным образом в атмосфере, на поверхности почвы и воды.

Ценопопуляции – популяция растительных организмов.

Циклон – устройство, применяемое для сухой очистки газопылевых производственных выбросов.

Хемоавтотрофы – организмы, использующие энергию, выделяемую при окислительно-восстановительных химических реакциях; относятся к трофическому уровню продуцентов, обладают автотрофным способом питания.

Эврибионты – виды, обладающие широкой экологической валентностью по отношению к комплексу факторов, что дает возможность заселения разнообразных мест обитания.

Эвтрофирование (эвтрофикация) – зарастание растительностью водоема, происходящее вследствие избыточного поступления в воду биогенных элементов (азота, фосфора).

Экологическая валентность – степень приспособляемости вида к изменениям условий среды. Количественно она выражается диапазоном изменений среды, в пределах которого данный вид сохраняет нормальную жизнедеятельность.

Экологические факторы – определенные условия и элементы среды, которые оказывают специфическое воздействие на живой организм; экологические факторы определяют условия существования организмов.

Элиминация – гибель отдельных особей или целых групп организмов (популяций, видов) в результате различных естественных причин (в биологии).

Элиминация – удаление лекарственных препаратов или ксенобиотиков из организма в результате биотрансформации и экскреции (в фармакокинетике, токсикологии).

Эрозия – процесс разрушения почв под действием воды и ветра (дефляция).

Экологическая ниша – место, занимаемое видом в биоценозе, включающее комплекс его биоценологических связей и требований к факторам среды.

Экологическая стратегия вида (популяции) – общая характеристика роста и размножения (темпы роста особей вида, время достижения ими половозрелости, плодовитость, периодичность размножения и т. д.).

Экологически чистые технологии – методы производства продукции, при которых сырье и энергия применяются максимально рационально, так, что объемы выбрасываемых в окружающую среду веществ и отходов сведены к минимуму.

Экологический максимум (от лат. *maximatus* – наибольшее) – верхняя граница области распространения действия экологический фактора, при которой отдельный организм или вид в целом еще может существовать; например, максимальное для организма значение температуры среды.

Экологический минимум – нижняя граница области распространения действия экологический фактора, при которой отдельный организм или вид в целом еще может существовать; например, минимальное для организма значение температуры среды.

Экологический фактор – важные для жизни организма компоненты окружающей среды, с которыми он прямо или косвенно сталкивается.

Экосистема (биогеоценоз) – экологическая система, совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и образующих систему взаимообусловленных биотических и абиотических явлений и процессов. Термин «экосистема» предложен А. Тенсли (1935).

Экотоп – первичный комплекс абиотических экологических факторов на любом конкретном однородном участке земной поверхности или акватории.

Экстракция применяется в тех случаях очистки воды, когда извлекаемое загрязняющее вещество является ценным продуктом.

Энвайроменталистика изучает способы и методы применения очистки отходящих газов и сточных вод, реутилизации отходов и других восстановительных мероприятий в области охраны окружающей среды.

Энвайроментология – комплексная дисциплина, направленная на изучение качества и охраны природной среды.

Учебное издание

Елена Григорьевна Незнамова

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Корректор А. Н. Миронова
Оригинал-макет А. Е. Ли-До-Шан

Подписано к публикации 22.04.2021.

Издательство «Эль Контент»
634061, г. Томск, ул. Киевская, д. 57, оф. 27

ISBN 978-5-4332-0294-8



9 785433 202948