

§ 35. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВНУТРЕННИМИ ФАКТОРАМИ

В большинстве случаев естественные необратимые изменения экосистем протекают в результате жизнедеятельности входящих в ее состав растений, животных, грибов и бактерий. Приведем примеры таких сукцессий.

Заращение скал. В результате жизнедеятельности организмов, заселяющих мертвую поверхность горной породы, происходит ее разрушение, называемое биологическим выветриванием. На ней появляется слой мелких частиц, а затем и почва, изменяется состав растений и гетеротрофных организмов – бактерий, грибов, животных, и увеличивается биологическая продуктивность. Вместо пленки водорослей, а затем тонкой корочки накипных лишайников со временем появляются кустистые лишайники и мхи, травы, а потом поселяются кустарники и даже деревья. В результате этой сукцессии постепенно увеличивается биологическая продуктивность экосистемы, запас биомассы и разнообразие населяющих ее видов.

Заращение озера с образованием болот. Отмершие водные растения и трупы животных откладываются на дне, и озеро постепенно мелеет. Растения, которые росли по берегам, распространяются к центру и занимают все большую площадь. Со временем озеро превращается в *низинное болото*, в котором вместо почвы формируется торф – слой неполно разложившихся остатков растений (рис. 55).

Основные образователи торфа в низинных болотах – разные осоки, обычно образующие крупные кочки, тростник, рогоз, камыш. Большинство низинных болот зарастают ивами, черной ольхой или березой пушистой.

В ходе сукцессии мощность торфяного слоя низинного болота год от года увеличивается. Когда она превысит 40–50 см, корни большинства растений отрываются от почвы и переходят на питание за счет торфа, который минерализуется микроорганизмами. Минерализация торфа происходит медленно и не до конца, и потому условия питания растений с увеличением слоя торфа ухудшаются. Низинное болото постепенно превращается в *переходное болото* с березой пушистой, вахтой трехлистной, белокрыльником болотным и др. На нем появляется мох сфагнум.

Если торфяная залежь продолжает нарастать, то количество минеральных элементов в верхнем слое торфа становится еще меньше. Настает момент, когда на нем не могут

расти и растения переходного болота, формируется *верховое болото*. Вся поверхность верхового болота покрыта сфагновыми мхами. Из древесных растений на нем растет сосна, появляется клюква и другие растения семейства вересковых: багульник, болотный мирт, подбел, а по сухим кочкам – лишайники.

Одновременно с изменением состава растительности меняется и вся гетеротрофная биота экосистемы.

Контрольные вопросы

1. Какова роль живых организмов в процессе формирования экосистемы на скалах?
2. Почему происходит зарастание озера?
3. Охарактеризуйте сукцессию развития верхового болота из низинного.

Справочный материал

Сфагнум – это удивительный мох, который не имеет ризоидов и обладает способностью неограниченно нарастать верхушкой. Нижняя часть сфагнума постепенно отмирает. В результате особых биохимических процессов часть органического вещества отмирающих тканей разлагается и используется для питания верхней живой частью растения. Это позволяет сфагновым мхам жить на самых бедных субстратах.

Если рассматривать лист сфагнового мха под микроскопом, можно увидеть, что он состоит из узеньких полосок зеленых клеток и большого числа крупных мертвых клеток без содержимого. Эти клетки – резервуары, в которых хранится вода. Масса мха, насыщенного водой, в 20 раз превышает массу сухого мха. Это помогает сфагнуму переживать сухие периоды. При высыхании мох переходит в состояние покоя, из которого его выводит любой дождь.

Природные сукцессии экосистем могут вызываться и абиотическими факторами. Например, в любой пойме реки (заливаемой части речной долины) можно видеть, как в результате деятельности реки один из берегов подмывается, а на другом нарастает песчаная коса. Кроме того, каждый год во время паводка река оставляет на поверхности поймы тонкий слой плодородного наилка, и потому уровень поверхности поймы постепенно растет. При повышении уровня поверхности поймы сокращается время заливания (паводка), замедляется скорость тока паводковых вод и как следствие – уменьшается количество отлагаемого материала (наилка) и меняется его механический состав: в нем начинают

преобладать не песчаные, а глинистые и илистые частицы. В результате происходит смена ивняков тополевыми, на смену которым приходят вязовый и липово-дубовый лес (в зоне тайги – ельник). В разных типах пойменных лесов обитают разные виды птиц и других животных. На высоких незаливаемых участках появляются землерои и муравьи.

§ 36. СУКЦЕССИИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЧЕЛОВЕКОМ

В наше время главным фактором динамики экосистем является человек. Изменения экосистем под влиянием человека разделяются на три группы: сукцессии под влиянием деятельности человека, восстановительные сукцессии (после прекращения влияния человека) и сукцессии, происходящие в результате заноса в экосистему видов из других районов.

Сукцессии экосистем под влиянием хозяйственной деятельности человека

Пастбищная дегрессия. Экосистемы степей и лугов изменяются под влиянием сильного выпаса скота. Высокорослые растения могут приспособиться только к умеренному выпасу или сенокосению и потому на пастбищах, где скота пасется много, постепенно исчезают из травостоя. Им на смену приходят низкорослые растения с прижатыми к земле розетками листьев. Такие растения меньше страдают от копыт животных, и их труднее скусывать. Не боятся сильного выпаса высокорослые колючие (чертополохи) или горькие (полыни) растения, которые не поедаются животными. В степях на смену ковылям вначале приходит типчак, а потом и низкая полынь австрийская. В лучше увлажненных луговых экосистемах при выпасе разрастаются подорожники, одуванчик, клевер ползучий, лапчатка гусиная, гречишка птичья (рис. 56).

Рекреационные сукцессии (от латинского слова рекреацио – отдых) – это изменение экосистем под влиянием отдыхающих. Чаще всего они происходят в лесах, которые посещают люди для отдыха. Вначале к лесным видам, таким, как сныть, копытень и подмаренник душистый, начинают примешиваться более устойчивые к вытаптыванию луговые травы: мятлик узколистный, подорожники. Со временем настоящие лесные травы полностью исчезают и им на смену приходят луговые растения. В это же время в лесу прекращается возобновление деревьев, так как ухудшаются условия для всходов древесных растений. Обедняется птичье население, и на смену лесным птицам приходят птицы–спутники человека. Из-за уплотнения почвы

начинаются болезни корневых систем деревьев, они усыхают и лес гибнет.

Сукцессии эвтрофикации озер (от греческого слова эутрофия – хорошее питание). В экосистемах озёр, если в них попадают удобрения с полей или органические вещества промышленных и бытовых стоков, происходят изменения. Исчезают водные растения, растущие только в чистой воде (горец земноводный, сальвиния плавающая), и разрастаются растения загрязненных вод – роголистник, ряски. Происходит «цветение воды» – взрывное размножение водорослей и особенно цианобактерий, которые выделяют в воду ядовитые вещества. При разложении мертвых остатков погибших организмов интенсивно размножающимися аэробными бактериями в воде резко снижается содержание кислорода. Из-за нехватки кислорода гибнут животные, в первую очередь рыбы. Озеро превращается в большую зловонную лужу с бурой пеной.

Кроме сукцессий, т.е. постепенных изменений экосистем, иногда происходят «скачкообразные» изменения экосистем, вызываемые нарушениями – рубкой леса, распашкой степи, пожаром, разливом нефти и др.

Восстановительные сукцессии экосистем

Если действие внешних факторов (как правило, связанных с человеком, реже природных, например пожаров от молний и сильных наводнений), вызвавших сукцессию и нарушивших экосистемы, прекращается, то обычно начинается процесс самовосстановления экосистемы. Восстановительные сукцессии, также, как и сукцессии при зарастании скал и озер, протекают под влиянием внутренних факторов, однако, как правило, значительно быстрее. Большая скорость сукцессии связана с тем, что экосистема, которая восстанавливается, была разрушена не полностью: в почве остаются семена, корневища и клубни растений, а также многие виды животных в покоящихся стадиях.

При снижении пастбищной нагрузки на пастбищах восстанавливаются высокорослые травы; при уменьшении влияния на лес отдыхающих – лесные растения. В озере избыток элементов питания осаждается на дно с мертвым планктоном и захоранивается в сапропеле, роль цианобактерий снижается, восстанавливаются популяции зеленых и диатомовых водорослей. Со временем внешние воды и птицы на своих лапках заносят икринки рыб и семена водных растений, появляются плотва, окунь и другие типичные обитатели озера. На вырубках восстанавливается древостой, на заброшенной пашне – степь или лес. Восстанавливаются естественные экосистемы на строительных площадках и отвалах

пустой породы возле карьеров горных разработок и горно-обогатительных комбинатов. Заращение отвалов препятствуют развеиванию породы и запылению атмосферы.

На 57 показаны три стадии сукцессии заращения нарушенных участков (откосы дорог, заброшенная пашня, бурты земли после строительства). Под влиянием внутренних факторов на смену растениям-однолетникам (марь белая, лебеда и др.) приходят двулетники (чертополохи, татарник, полынь обыкновенная), которых затем вытесняют луговые травы, в первую очередь, пырей ползучий. Эта сукцессия не требует внешних вмешательств, и если ей не мешать, то в лесной зоне после луговых трав появятся всходы деревьев и вырастет лес, а в степной зоне восстановится степь.

Однако, если экосистема нарушена очень сильно, она может и не восстановиться. На пастбищах приходится высевать травы, в лесах – сажать новые деревья, пруды после того, как произойдет самоочищение воды, – заселять молодь рыбы.

Заращению отвалов пустой породы, если их условия неблагоприятны для роста растений, помогает человек. Он покрывает поверхность отвала слоем почвы толщиной в 10–20 см и высевает семена трав, кустарников и деревьев. Такие мероприятия называются *рекультивацией*.

При рациональном природопользовании влияние хозяйственной деятельности человека не должно превышать того порога, после которого экосистема не может сама себя восстановить. Для этого влияние человека (антропогенные нагрузки) нормируют. При *экологическом нормировании* нагрузок определяют, сколько скота можно содержать на одном гектаре пастбища, сколько отдыхающих могут посещать пригородный лесопарк в течение года, какое количество сточных вод может обезвредить сама водная экосистема и т.д.

Контрольные вопросы

1. Как изменяются луга и степи под влиянием сильного выпаса?
2. Как изменяется лес под влиянием отдыхающих?
3. Какие изменения происходят в экосистеме водоема при его эвтрофикации?
4. Какую роль в природе играют восстановительные сукцессии?
5. Что такое экологическое нормирование антропогенной нагрузки?
6. В каких случаях необходимо проводить рекультивацию?

Справочный материал

В восстановительных сукцессиях большую роль играют рудеральные растения, которые первыми заселяют нарушенные участки, выступают в роли «ремонтной бригады». Их семена переносятся ветром, водой и животными, цепляются к одежде. У многих из них в почве есть «банки» семян, которые десятки лет сохраняют всхожесть и массово прорастают, если нарушается поверхность почвы и меняется ее водно-воздушный режим.

При рекультивации часто используют не культурные виды трав, а смесь семян, полученных из естественных сообществ, которые расположены в сходных экологических условиях. В США для рекультивации нередко берут из леса почву, в которой есть семена трав и кустарников.

В Англии широко используют смеси семян луговых трав, которые собирают с естественных лугов. В степной зоне европейской части России при рекультивации применяется... сено. Скошенное в два срока и разбросанное по рекультивируемой поверхности сено содержит семена большинства растений степной экосистемы. Через четыре года этот участок по составу видов уже близок к естественной степи.

На Аляске (США) при рекультивации земель, нарушенных добычей нефти и газа, использовали прием управления сукцессией – вносили в невысоких дозах минеральные удобрения, которые помогали злакам, заселяющим нарушенные участки, быстрее формировать сомкнутый покров.

(ДОП.) § 37. СУКЦЕССИИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЗАНОСОМ ВИДОВ

Большие изменения в составе экосистем могут быть вызваны появлением в них новых видов. Как правило, это связано с деятельностью человека, хотя изредка возможно появление новых видов и естественным путем. Виды, появление которых связано с человеком, называются *заносными* (или *адвентивными*). Доля адвентивных видов во флоре и фауне большинства регионов мира велика. Так, в России в разных районах они составляют от 10 до 40% флоры.

Заносными могут стать растения и животные, завезенные для акклиматизации, но одичавшие (натурализовавшиеся). К числу заносных видов относится большинство сорных растений, которые распространялись из района в район с культурными растениями, а также многие рудеральные растения, распространяющиеся при нарушении человеком естественных экосистем. На юго-востоке

европейской части России быстро расселяются агрессивные американские рудеральные виды растений из родов амброзия и циклахена. (рис. 58).

Иногда появление заносного вида в экосистеме может пройти почти незаметно, так как в большинстве экосистем есть «вакантные места». Однако некоторые виды способны разрушить установившуюся систему отношений организмов в экосистеме – конкурентных и пищевых. Это происходит в следующих случаях.

Занос вида растения, для которого в экосистеме нет фитофага, или вида животного, для которого нет врага (хищника или паразита). Это самый опасный по последствиям вариант изменения экосистем под влиянием заносного вида. Примеров таких случаев особенно много.

В начале прошлого века из Америки в Австралию для создания колючих изгородей на пастбищах был завезен кактус опунция. Опунция хорошо акклиматизировалась и стала бурно размножаться. В начале нашего столетия площадь зарослей опунции ежедневно увеличивалась на 800 га. Никакие механические и химические способы борьбы не помогали. Австралийский континент мог превратиться в сплошные заросли колючек. Спасла положение бабочка кактусовая огневка, которую завезли в Австралию в 1928 г. Она поставила под контроль плотность популяций опунции. По сей день бичом экосистем Австралии являются европейские кролики, которые бегают быстрее, чем австралийские сумчатые волки.

Бедой для американских пастбищ стал занесенный в Северную Америку европейский зверобой. Скот его не ел, и зверобой начал заполнять пастбища, вытесняя кормовые травы. Справились со зверобоем завезенные из Европы насекомые-фитофаги.

Из-за отсутствия естественных врагов злом для плантаций картофеля стал колорадский жук. Разработать биологический метод контроля его численности пока не удается.

Занос вида-паразита. В конце прошлого столетия в Африку из Австралии был завезен вирус «коровьей чумы», передающийся при непосредственном контакте животных, через мочу и фекалии. Начался падеж сначала домашнего скота, а затем и диких растительноядных животных в саваннах Кении, где сейчас размещается национальный парк Серенгети. Численность антилоп-гну уменьшилась более чем в 10 раз. В результате уменьшения плотности популяции фитофагов накопилось значительное количество растительной массы в виде детрита, участились пожары. Началась замена деревьев и трав кустарниками, которые особенно легко восстанавливаются после пожаров. В 1950 г. была разработана

вакцина, которую стали прививать домашнему скоту. После того как коровы перестали быть источником инфекции для естественных экосистем, дикие животные постепенно справились с болезнью. К 1980 г. плотность популяций была восстановлена, восстановилось и экологическое равновесие саванны.

По причине заноса паразитов в лесах Америки исчез зубчатый каштан, а в пойменных лесах Европы – вяз.

Контрольные вопросы

1. Какую опасность для экосистем представляет появление в экосистеме заносного вида, для которого нет «врага»?
2. Приведите примеры изменения экосистем в результате заноса в нее паразита.

Справочный материал

На Гавайские острова к 1979 г. было целенаправленно интродуцировано и случайно занесено 22 вида млекопитающих, около 160 видов птиц, 1300 видов насекомых и свыше 2000 видов цветковых растений. В результате сегодня под угрозой исчезновения находится 70% видов местной флоры островов, вымерло 22 вида птиц и много видов других групп организмов.

Козы, которых завезли на остров Святой Елены, быстро уничтожили 33 вида растений-эндемиков (т.е. тех, которые не обитают в других районах земного шара).

Особенно легко расселяются водные заносные виды. В последние годы во многих водоемах земного шара, в которых происходит эвтрофикация, отмечается массовое разрастание водных сорняков. Так в тропическом и субтропическом поясах очень широко расселились водный гиацинт и сальвиния назойливая, которые наносят значительный экономический ущерб, особенно в странах Африки, Юго-Восточной Азии и Австралии..

Водный гиацинт – красивое растение, в естественных условиях произрастающее в Амазонии, – был завезен аквариумистами в разные страны. Он натурализовался (то есть перешел к «самостоятельному» образу жизни) и стал бурно расселяться. Гиацинт образует маты (сплавины) площадью в сотни квадратных метров и толщиной в несколько метров. Эти маты препятствуют судоходству, пагубно влияют на рыбное население. Способ борьбы с водным гиацинтом пока не найден.

В оросительных каналах Европы большой вред наносит элодея канадская, а в водоемах Канады – разросшаяся там европейская уруть колосистая. В оросительных системах США

много хлопот доставляет африканское растение аллигаторова трава. В Австралии рисовые поля зарастают занесенным из Азии куриным просом.

В последние годы экосистема Черного моря страдает от гребневика – беспозвоночного животного, занесенного с балластными водами судов. Гребневик поедает икру и молодь рыбы. В Азовском море он конкурирует за пищевые ресурсы с хамсой.

Экосистеме Средиземного моря наносит ущерб тропическая водоросль каулерпа, выделяющая в воду сильнодействующие токсины (по-видимому, каулерпа также занесена с балластными водами, хотя возможно, что виновниками ее расселения были аквариумисты).

В 60-е годы в озеро Виктория выпустили нильского окуня, и это стало причиной экологической катастрофы. Окунь уничтожил популяции местных травоядных рыб, и на дне озера образовалась обширная мертвая зона из-за гниющих водорослей. Расплодились улитки – переносчики шистоматоза – опасной паразитарной болезни домашних животных и человека. В довершение вокруг озера почти не осталось леса – его вырубил рыбаки, которые коптили окуней на деревянных кольях над костром.

Большой ущерб экосистемам Великих озер (США), а также судам и промышленным предприятиям, наносят экзотические виды моллюсков. Бурно размножаясь, они забивают водопроводные трубы и облепляют днища судов.

Пруды Москвы и Подмосковья заполнил ротан, завезенный с Дальнего Востока для борьбы с малярийным комаром, личинки которого живут в воде. Ныне ротан расселяется по Волге и дошел уже до г. Саратова. Он пожирает икру всех других рыб, а им самим «брезгают» даже чайки, хотя его ловят рыболовы-любители. Ротан охотится на мелководье и потому неуязвим для главного хищника наших водных экосистем – судака. Ихтиологи возлагают надежды на щуку, которая охотится на мелководье. Однако пока ее численность недостаточна, чтобы контролировать «разбушевавшегося» ротана. В реках и озерах Подмосковья к ротану недавно добавились два вида морских бычков – кругляк и цуцик.

Занесенный из Новой Зеландии в Шотландию плоский червь уничтожил 75% дождевых червей, что стало причиной резкого снижения продуктивности лугов.

Одомашненный лосось, который выращивался в норвежских фьордах, ныне обитает в 38 реках Скандинавии. Он разносит фурункулез – болезнь, которой не было у его дикого

сородича. Скрещиваясь с «дикарями», он лишает их инстинкта дома, необходимого для размножения.

Поучительна история, которая произошла в Австралии, где основными фитофагами были кенгуру. Англичане, заселявшие материк, завезли туда коров. Коровы в Австралии чувствовали себя хорошо и легко привыкли есть новые для них растения. Однако коровий навоз не понравился местным жукам-навозникам, которые привыкли перерабатывать фекалии кенгуру. Количество навоза на пастбищах быстро росло, их полезная площадь уменьшалась. Неразложившийся навоз не удобрял почву. Пришлось завезти жуков-навозников из Африки. Они быстро размножились и восстановили нарушенное экологическое равновесие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экосистемы динамичны, они постоянно изменяются в соответствии с суточными и сезонными ритмами изменения абиотических факторов, при колебаниях количества осадков и режима температуры в разные годы, под влиянием жизнедеятельности животных или гибели крупных растений. Все эти изменения обратимы, и любое состояние экосистемы, которое можно наблюдать при таких изменениях, рано или поздно снова повторяется.

Однако, кроме обратимых, то есть циклических (протекающих по кругу) изменений, происходят необратимые изменения экосистем, при которых меняется состав видов и (или) ее продуктивность и биомасса. Такие изменения называются экологическими сукцессиями. Сукцессии экосистем также очень разнообразны и происходят под влиянием жизнедеятельности их биоты (например при зарастании скал или озер) или под влиянием действия внешних факторов, как правило, связанных с деятельностью человека (выпаса, вытаптывания, попадания в водоем стоков, богатых элементами питания и т.д.).

Если влияние внешнего фактора прекратится (с пастбища уйдет лишний скот, в водоем не будут попадать новые порции загрязняющих веществ, пригородные леса благоустроят и отдыхающие будут ходить по специальным дорожкам), то прекратится вызванная этим фактором сукцессия. И тут же вместо нее начнется другая, восстановительная сукцессия. Причем, процесс будет протекать уже сам собой, примерно также, как сукцессия зарастания скал. На пастбище восстановится травостой, в водоеме очистится вода и на смену цианобактериям вновь придут зеленые и

диатомовые водоросли, восстановится состав растений-макрофитов, рыб, амфибий и т.д.

Также «сами собой» восстанавливаются экосистемы после нарушений, когда в результате пожара, вырубки леса, вспашки степи и т.д. уничтожается вся экосистема или значительная часть входящих в нее видов. На пожарище или вырубке постепенно вырастает лес, на заброшенной пашне восстанавливается степь и т.д. Однако процесс восстановления может надолго затянуться, если поблизости нет участков, из которых возрождающаяся экосистема может заселиться видами растений и животных.

Большие изменения в составе экосистем может вызывать занос в них видов из других районов, особенно если с этими видами в «новый дом» не переселяются контролирующие их виды следующего трофического уровня. Беззащитными оказываются местные виды при заносе нового паразита, к которому у них еще не выработался иммунитет. В результате, маленький паразит может вызвать самые большие сукцессионные изменения в экосистеме.

В каждой экосистеме одновременно протекает несколько вариантов изменений, обратимых и необратимых. Поэтому изучать их динамику бывает достаточно сложно.

Индивидуальное задание

Тема: «Антропогенные сукцессии экосистем в районе».

Задача исследования – выявить основные изменения, происходящие в экосистемах под влиянием деятельности человека. Районом исследования могут быть окрестности города или села. Подберите пары экосистем в сходных условиях, испытывающих разные антропогенные нагрузки – нетронутый лес и лес интенсивно посещаемый отдыхающими, сенокос и пастбище, чистый и загрязненный водоем. Сравните видовой состав этих экосистем, в первую очередь растений, которые проще учесть. Постарайтесь выявить те виды растений (если удастся, то и животных), которые появляются или исчезают при усилении влияния человека.

Материал об антропогенных изменениях экосистем можно найти в статьях, опубликованных в журналах «Биология в школе» и «География в школе». Поскольку при сукцессиях в первую очередь изменяется состав растений, полезно познакомиться с книгой «Современная наука о растительности» (Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, М.: Логос, 2000), в которой подробно описаны разнообразные антропогенные сукцессии. Это книга – учебник для студентов, однако ее вполне может осилить старшеклассник, проявивший интерес к экологии.

Глава 8. РАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ

Экосистемы, как отмечалось, – широкое понятие. Это – любая совокупность живых организмов и условий среды их обитания, между которыми есть взаимодействия. Поэтому очень важно знать особенности разных экосистем. В этой главе мы познакомимся с классификацией экосистем и рассмотрим примеры некоторых естественных экосистем. Экосистемы, созданные человеком (сельскохозяйственные и промышленные), будут рассматриваться в следующей части учебника.

§ 38. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ И РОЛИ ЧЕЛОВЕКА

Экосистемы очень разнообразны (рис. 59). Их состав зависит от многих факторов, в первую очередь от климата, геологических условий и влияния человека. Они могут быть *автотрофными*, если главную роль играют автотрофные организмы – продуценты, или *гетеротрофными*, если продуцентов в экосистеме нет или их роль незначительна. Экосистемы могут быть *естественными* или созданными человеком – *социоприродными* (*антропогенными*, от греческих слов антропос – человек и генезис – происхождение).

Естественные (природные) экосистемы формируются под влиянием природных факторов, хотя человек может оказывать влияние на них. В лесу человек заготавливает древесину и охотится, на степном пастбище пасет скот, в водоемах ловит рыбу. Он может загрязнять атмосферу, почву, воду. Однако влияние человека в этих экосистемах меньше, чем влияние природных факторов.

Антропогенные (искусственные) экосистемы создаются человеком в процессе хозяйственной деятельности. Их примеры: сельскохозяйственные ландшафты с посевами и стадами скота, города, лесопосадки, морские «огороды» из водоросли ламинарии и «фермы» устриц или морского гребешка. В состав антропогенных экосистем могут входить сохранившиеся более мелкие естественные экосистемы (лес или озеро на территории сельскохозяйственной экосистемы, лесопарк в городе).

Существуют экосистемы, переходные между естественными и искусственными, например, экосистема естественных полупустынных пастбищ Калмыкии со стадами сельскохозяйственных животных.

И естественные, и антропогенные экосистемы различаются по источнику энергии, который обеспечивает их жизнедеятельность.

Автотрофные экосистемы находятся на энергетическом самообеспечении и разделяются на *фототрофные* – потребляющие солнечную энергию за счет продуцентов-фототрофов и *хемотрофные* – использующие химическую энергию за счет продуцентов-хемотрофов. Большая часть экосистем, в том числе и сельскохозяйственные, являются фотоавтотрофными. На управление сельскохозяйственной экосистемой человек затрачивает много *антропогенной энергии* (заклученной в горючем для тракторов, использованной при производстве сельскохозяйственных машин, удобрений, пестицидов и т.д.), но ее роль незначительна по сравнению с поступающей в экосистему солнечной энергией.

Естественные хемотрофные экосистемы формируются в подземных водах и на дне океанов, где из разломов плит земной коры выделяется сероводород. Антропогенные хемотрофные экосистемы человек создает из микроорганизмов в некоторых биологических очистных сооружениях для очистки воды от загрязнения неорганическими веществами.

Гетеротрофные экосистемы используют химическую энергию, которую получают вместе с углеродом от органических веществ, или энергию созданных человеком энергетических устройств.

Пример естественной гетеротрофной экосистемы – экосистема океанических глубин, куда не доходит солнечный свет. Животные и микроорганизмы, входящие в нее, существуют за счет «питательного дождя» – трупов и остатков организмов, падающих на дно из освещенной солнцем автотрофной океанической экосистемы. Существуют гетеротрофные экосистемы и высоко в горах, где микроскопические клещи питаются остатками растений, которые приносит ветер.

Антропогенные гетеротрофные экосистемы очень разнообразны. Это, во-первых, города и промышленные предприятия. Энергия в них поступает по линиям электропередачи, по трубам нефте- и газопроводов, в цистернах автомашин и железнодорожных вагонах. Поступают в город и сырье для работы промышленных предприятий, и продукты питания для горожан. Какое-то количество солнечной энергии городская экосистема получает благодаря зеленым растениям, но оно ничтожно мало по сравнению с энергией, которую город получает извне.

К гетеротрофным антропогенным экосистемам, кроме того, относятся:

биологические очистные сооружения, в которых микроорганизмы разлагают органические вещества (в том числе и установки по сбраживанию навоза и получению из него биогаза);

фабрики по разведению дождевых червей. Дождевые черви перерабатывают органическое вещество (навоз, опилки, солому) и дают биомассу, которую человек использует для откорма рыбы и птицы (а в Японии белок червя используют как добавку в пищу). Образующийся продукт переработки органики – биогумус обогащен питательными элементами и используется в любительском садоводстве и огородничестве;

плантации шампиньонов. Шампиньоны выращивают не только на специальных фабриках, но и в подвалах домов, которые нетрудно оборудовать – нужен лишь органический субстрат и тепло;

рыборазводные пруды в городах. В этих прудах остатки пищевых продуктов горожан перерабатываются в биомассу рыбы.

Примеры некоторых экосистем рассмотрим далее.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются автотрофные и гетеротрофные экосистемы? Приведите их примеры.

2. В чем заключается различие естественных и антропогенных экосистем?

3. Назовите несколько вариантов антропогенных гетеротрофных экосистем.

§ 39. ЭКОСИСТЕМА ЛЕСА

Основными продуцентами в лесу являются деревья. В разных природных зонах и в разных условиях увлажнения (сухой склон или увлажненный лог) состав древостоя различается. Однако в любом случае количество деревьев в древостое регулируется конкуренцией и уже рассмотренной закономерностью самоизреживания (зависимостью плотности от смертности). В любом лесу можно видеть и процветающие деревья, и ослабленные экземпляры, которые усыхают.

Для леса характерно полное использование энергии света за счет ярусов: под пологом древостоя бывает ярус подлеска из невысоких деревьев (калина, рябина, крушина, черемуха) и подростя деревьев первого яруса. В составе подлеска могут быть и кустарники – малина, смородина, лещина и др.

Ниже яруса подлеска расположен ярус напочвенного покрова, который может состоять из трав (в широколиственных лесах) или мхов и кустарничков (брусника, черника, линнея) в тайге (рис. 60).

У растений разных ярусов – разные экологические ниши: если для нормального роста растений первого яруса требуется полное солнечное освещение, то растения напочвенного покрова довольствуются несколькими процентами света, пробившегося сквозь густой полог листьев и достигшего земли.

Растения связаны отношениями мутуализма с микоризными грибами и отношениями типа протокооперации с азотфиксирующими бактериями. Эти бактерии не образуют на корнях деревьев (за исключением ольхи черной и облепихи) клубеньки, а живут вокруг корней, получая от них выделяемые в почву органические кислоты и используя ткани отмирающих корешков. За это органическое вещество бактерии-азотфиксаторы снабжают лесную экосистему азотом.

Не более 7–10% биологической продукции леса потребляется фитофагами (лосями, зайцами, оленями, косулями и множеством насекомых-листоедов), основная продукция растений пополняет запас детрита и потребляется детритофагами и редуцентами. По этой причине важную роль играет лесная подстилка, где как раз и расположен «цех» по переработке детрита в минеральные вещества армадой насекомых, простейших и грибов. Роль бактерий в разрушении детрита лесной экосистемы сравнительно невелика.

Хищниками леса являются муравьи и осы, которые контролируют плотность популяций насекомых-фитофагов, а также волки и лисы, которые контролируют популяции крупных фитофагов – зайцев, лосей, косуль, кабанов и т.д. Паразиты регулируют численность всех популяций, но их роль особенно важна для популяций крупных хищников, у которых нет «врагов» (кроме человека) – волка, медведя, рыси и др.

Большую роль в жизни лесной экосистемы играют птицы, среди которых есть фитофаги, питающиеся плодами и распространяющие их, зоофаги, контролирующие плотность насекомых, и хищники, подобные сове или филину, которые питаются мышами и другими млекопитающими.

Таким образом, главные особенности лесных экосистем следующие:

- преобладание жизненной формы деревьев, чем объясняется большой запас биомассы, которая превышает биологическую продуктивность в десятки раз;

– сложная пространственная организация с выраженной ярусностью, причем разные ярусы не только сформированы разными популяциями растений, но имеют свою фауну;

– преобладание детритных цепей питания: менее 10% фитомассы съедается в живом состоянии, остальная часть идет в «переработку» в состоянии детрита, которая происходит в основном в лесной подстилке.

Контрольные вопросы

1. К какой жизненной форме относятся основные продуценты леса?

2. Объясните, почему в лесу преобладают детритные, а не пастбищные пищевые цепи.

3. Как внешне проявляется дифференциация экологических ниш в лесной экосистеме?

4. Назовите основных лесных хищников.

5. Каково соотношение биологической продуктивности и биомассы в лесу?

(ДОП.) § 40. СРАВНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Для наземных экосистем главными лимитирующими факторами, которые определяют состав и первичную биологическую продукцию, являются вода и богатство почвы элементами минерального питания. В экосистемах с густым пологом растений – широколиственных лесах, высоких зарослях тростника или двукосточника (канареечника) на берегу реки – лимитирующим фактором может быть свет.

В водных экосистемах дефицита воды нет, она всегда в избытке: если водоем пересыхает, то и его водная экосистема разрушается и сменяется другой, наземной. Лимитирующими факторами в них являются содержание в воде кислорода и элементов питания (в первую очередь фосфора и азота). Кроме того, лимитирующим фактором, как и в наземных экосистемах, может быть обеспеченность светом. Рассмотрим эти лимитирующие факторы более подробно.

Содержание кислорода в воде меняется в очень широких пределах. В реках, особенно горных с быстрым течением, содержание кислорода всегда высокое, но в небольших стоячих водоемах оно может быть низким и особенно резко снижается в небольших водоемах зимой. Слой льда изолирует воду от атмосферы и исключает перемешивание воды ветром, а организмы,

прежде всего бактерии, продолжают расходовать кислород, который был в воде с осени. В результате этого происходят *заморы*, и от недостатка кислорода гибнет рыба.

Разные организмы по-разному устойчивы к недостатку кислорода. Такие рыбы, как карась или линь, могут выжить при самом резком понижении его содержания в воде. По этой причине именно караси и лини заселяют заморные водоемы. Для рыб горных рек, таких как хариус, форель или таймень, нужна постоянная «вентиляция» воды.

Обеспеченность светом влияет в первую очередь на растения, населяющие водоемы. Она зависит от толщины слоя воды, через которую проходит свет, и от ее прозрачности. Метровая толща воды задерживает 90% света, причем этот слой почти полностью поглощает инфракрасные лучи. Ниже точки, где света становится недостаточно для фотосинтеза, расположена глубоководная гетеротрофная часть озера. Там растений нет, и организмы живут за счет питательного «дождя» – мертвых органических остатков, падающих из освещенных слоев водоема.

Основными продуцентами водных экосистем являются организмы планктона – водоросли (зеленые и диатомовые) и цианобактерии. Планктонные организмы свободно взвешены («парят») в толще воды и либо не способны к активному перемещению, либо перемещаются медленно и на небольшие расстояния. При этом, если зеленые водоросли только фотосинтезируют и производят первичную биологическую продукцию, то некоторые цианобактерии, кроме того, способны фиксировать атмосферный азот. Они подобны бактериям-азотфиксаторам, которые в наземных экосистемах населяют почву вокруг корней растений или живут в клубеньках на корнях бобовых.

В водоемах с водой, богатой питательными элементами, особенно в мелких и зарастающих, большую роль играют и крупные растения, называемые *макрофитами* (от макрос – большой и фитон – растение). На дне мелких озер иногда растут харовые водоросли, напоминающие маленькие елочки.

Основные консументы в водных экосистемах также имеют микроскопические размеры – это зоопланктон. При этом в составе зоопланктона есть и совсем маленькие животные, например, одноклеточные инфузории, и более крупные ракообразные размером до нескольких миллиметров.

Кроме зоопланктона водная толща заселена активно перемещающимися организмами, которые составляют *нектон*, – рыбами. Среди рыб есть и фитофаги, и зоофаги, и эврифаги, причем

очень часто «вкусы» рыб меняются с возрастом. В младенчестве рыбы могут быть растительноядными, а в зрелом возрасте – плотоядными.

К консументам водных экосистем относят птиц и других животных, которые питаются в этих экосистемах. Это различные виды уток, чаек, голенастых, куликов, поганок. Все они питаются рыбой и мелкими животными, обитающими на мелководье. В водных экосистемах живут и промысловые звери: бобр, выдра, норка, ондатра. Наконец, в водоемах живут земноводные (тритоны, жерлянки, лягушки) и пресмыкающиеся (черепаха болотная, водяной уж).

В пищевых цепях в наземных экосистемах – обычно не более трех звеньев (например, клевер – заяц – лисица). В водных экосистемах таких звеньев может быть четыре, пять или даже шесть. Кроме растительноядного планктона, представленного ветвистоусыми рачками, есть еще и хищный планктон – рачки-циклопы. До трех звеньев пищевой цепи могут составлять рыбы (плотва – окунь – щука).

Кроме фитопланктона, зоопланктона и нектона, в состав водных экосистем входит *бактериопланктон*. При этом, если в наземных экосистемах бактерии в основном играют роль редуцентов и снабжают элементами питания растения, то в водных экосистемах до 40% бактериопланктона в живом состоянии становятся пищей инфузорий. То есть с бактерий начинается детритная пищевая цепь, в составе которой нет растений.

Важную роль в жизни водной экосистемы играет донное население, составляющее *бентос*. В неглубоких водоемах в составе бентоса непременно присутствуют растения, которые корнями прикрепляются ко дну. Однако, основное население бентоса – это животные и бактерии.

Если в наземной экосистеме основной запас детрита расположен в почве, то в водной экосистеме – в донных отложениях органического вещества – сапропеля. В сапропеле захораниваются и загрязняющие вещества, попавшие в водную экосистему.

Биологическая продуктивность в водных экосистемах меняется в самых широких пределах и в озерах со слабо минерализованной водой может быть равной продуктивности пустынь или разреженных зарослей растений на скалах (не свыше $0,25 \text{ кг/м}^2$ поверхности водоема). В озерах с водой, обогащенной элементами питания, продуктивность может достигать $1\text{--}2 \text{ кг/м}^2$ поверхности в год, что соответствует продуктивности широколиственного леса.

Водные экосистемы очень динамичны. Они меняются в течение суток и по сезонам года. Во второй половине лета эвтрофные озера «цветут» – в них массово развиваются микроскопические одноклеточные водоросли и цианобактерии. К осени биологическая продуктивность фитопланктона снижается, а макрофиты опускаются на дно.

Изменяется экосистема от года к году в зависимости от особенностей климата и соответственно количества и качества воды, которая поступает в озеро весной и теряется из озера летом. В сухие годы озера могут мелеть. Обедняется состав рыбного населения при заморах.

О том как происходит сукцессия эвтрофикации и восстановительная сукцессия в водоемах вы уже знаете.

В заключение отметим три главных отличия «зеленых каруселей» водных экосистем от наземных:

– более полное выедание организмов в пищевых цепях. Если в наземных экосистемах в живом состоянии животные поедают не более 10% биомассы растений, то в водной экосистеме выедание фитопланктона зоопланктоном может достигать 40%. Всем этим и объясняется более высокая скорость круговорота органического вещества в водной экосистеме.оборот органического вещества происходит всего за несколько месяцев, в то время как для луга он составляет 3–5, а для леса – десятки лет;

– биологическая продукция больше запаса биомассы. Вследствие того, что основные «работники» автотрофного и гетеротрофного цехов водной экосистемы живут недолго (бактерии – несколько часов, водоросли – несколько дней, мелкие ракообразные – несколько недель), в каждый конкретный момент времени запас органического вещества в воде (биомасса) может быть меньше, чем биологическая продукция водоема за весь вегетационный период. В наземных экосистемах, наоборот, запас биомассы выше, чем продукция (в лесу – в 50 раз, на лугу и в степи – в 2–5 раз);

– биомасса животных может быть больше биомассы растений. Это связано с тем, что организмы зоопланктона живут дольше, чем водоросли и цианобактерии. В наземных экосистемах такого не бывает, и биомасса растений всегда больше биомассы фитофагов, а биомасса зоофагов меньше биомассы фитофагов.

На рис. 61 и 62 показаны потоки энергии в лесной и пресноводной экосистемах.

Контрольные вопросы

1. Какие растения являются основными продуцентами в водных экосистемах?
2. Какие факторы лимитируют биологическую продуктивность водных экосистем?
3. Как отличаются водные и наземные экосистемы по протяженности пищевых цепей?
4. Почему в водных экосистемах круговорот веществ происходит быстрее, чем в наземных?
5. Каково соотношение биологической продуктивности и биомассы в водных экосистемах?
6. Каково соотношение биомасс растений и животных в водных экосистемах?

Справочный материал

Вода – удивительное вещество с очень высокой теплоемкостью, что позволяет ей поглощать и удерживать тепло. Теплоемкость воды в 10 раз выше, чем железа. Этим объясняется сглаженность колебаний температуры воды при резких изменениях температуры воздуха. По этой же причине водоемы как среда обитания организмов сравнительно мало отличаются в разных природных зонах и на разных материках. И потому сходство живого населения водных экосистем в разных климатических условиях больше, чем у наземных экосистем этих же территорий.

Вода – прекрасный растворитель многих веществ, поэтому в ней содержится достаточно элементов питания для растений. Но, к сожалению, в ней может быть много веществ, которые для растений и других организмов пресноводных экосистем не только не полезны, но и вредны, например, хлоридов, сульфатов или соды, которые попадают в водоемы с промышленными стоками. В этих случаях живое население водоемов обедняется.

Вода обладает высоким поверхностным натяжением. Эта способность у нее выше, чем у спирта и многих других жидкостей. Поверхностная пленка воды устойчива к давлению, и потому по ней бегают водомерки, питающиеся упавшими на воду мелкими насекомыми. При низких температурах вода переходит в твердое состояние – лед.

На содержание питательных элементов, особенно кислорода, влияет режим перемешивания воды. В неглубоких озерах и в глубоких озерах, расположенных в районах, где дуют сильные ветры, происходит частое перемешивание глубоких и поверхностных слоев воды. В этом случае холодные и богатые элементами питания воды из глубины поднимаются к поверхности, а

более теплые воды верхнего слоя, обогащенные кислородом, опускаются вглубь. Однако в большинстве глубоких озер перемешивание воды происходит редко, и потому вода близ дна холодная. Это знает всякий, кто купался в таком озере и нырял на большую глубину, где даже в самую жаркую погоду температура воды остается низкой.

Прозрачность воды можно определить простым способом: опустить в воду белый диск диаметром 30 см (диск Секки) и определить глубину, на которой он виден. В светлых водах диск виден на глубине до 30–50 м, в мутных – до 5–10 м.

На жесткой кремневой оболочке многих диатомовых водорослей есть специальные скульптурные «украшения» – шипики, которые снижают вероятность быть съеденной. У некоторых водорослей имеются плотные оболочки, и потому они не перевариваются и проходят через пищеварительную систему фитофага без повреждений.

Макрофиты (сосудистые растения водных экосистем) входят в несколько экологических групп:

плавающие растения, не имеющие корней, удерживающих их на одном месте. Самые важные растения этой группы – ряски. К плавающим растениям относятся и водокрас лягушачий, телорез, водный папоротник сальвиния;

прикрепленные водные растения прибрежий озер и речных плесов – кубышка желтая, кувшинка белая с листовыми пластинками, плавающими на поверхности воды, и рдесты, заполняющие водную толщу;

прикрепленные полуводные растения, обитающие в прибрежных мелководьях (сусак зонтичный, частуха подорожниковая, стрелолист, камыш озерный, рогозы широколистный и узколистный).

В малых озерах, остающихся в пойме после паводка, три звена пищевой цепи может быть представлено одним видом – щукой: совсем маленькие щуки становятся жертвами более крупных щурят, а те в свою очередь – попадают в зубы крупным щукам. Это случается тогда, когда в водоеме количество щук оказывается больше, чем других видов рыб, которые могут быть для них кормом.

Характер бентосного населения во многом зависит от особенностей дна. В реках дно может быть каменистым (горные участки) песчаным или даже илистым (на плесах). В озерах дно, как правило, илистое или покрыто слоем сапропеля. Чем жестче дно, тем беднее состав бентоса.

Слой сапропеля на дне озер может достигать нескольких метров. Это – ценное органическое удобрение и кормовая добавка в рацион скота, однако при его заготовке следует быть очень осторожными, чтобы не разрушить водную экосистему.

(ДОП.) § 41. ХЕМОТРОФНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОАЗИСОВ РИФТОВЫХ ЗОН ОКЕАНА

К хемотрофным относятся экосистемы подземных нефтяных вод, в которых бактерии-продуценты окисляют серу, железо, аммиак и др. Однако самыми удивительными являются экосистемы глубоководных геотермальных оазисов рифтовых зон (мест разломов плит литосферы) океана. Эти «оазисы» были открыты только в конце 70-х гг. в зоне подводного хребта Тихого океана, где из расщелин горной породы выделяются горячие воды, насыщенные сероводородом и сульфидами железа, цинка, меди и других тяжелых металлов. Температура этих вод достигает 300° С, однако они не кипят вследствие высокого давления. Остывая при контакте с морской водой, эти подводные гейзеры формируют конусовидные образования высотой до 15 м, которые называются «черными курильщиками». У оснований «черных курильщиков» и формируется хемотрофная экосистема (рис. 63).

Продуцентами этих экосистем являются серобактерии, образующие скопления – бактериальные маты. За счет симбиоза с ними живут и основные организмы этой экосистемы – вестиментиферы (черви длиной 1–2,2 м, заключенные в длинные белые трубки из хитиноподобного вещества, серобактерии живут в клетках этого животного). В составе этой экосистемы много видов животных-хищников (крабы, моллюски, некоторые глубоководные рыбы). Позднее подобные «оазисы жизни» были обнаружены и в других океанах. Биологическая продукция таких экосистем в десятки тысяч раз превышает продукцию типичных бентосных гетеротрофных экосистем. Биомасса только вестиментифер может достигать 10–15 кг/м².

Однако эти экосистемы существуют недолго и разрушаются после того, как прекратится деятельность подводных гейзеров.

Контрольные вопросы

1. Какой источник энергии поддерживает жизнь экосистем рифтовых зон?
2. К какой систематической группе животных относятся организмы, преобладающие в этих экосистемах?

3. Что такое «черные курильщики»?

(ДОП.) § 42. БИОМЫ

Самой крупной единицей классификации экосистем является *биом*. Биомы наземных экосистем выделяются по преобладающей жизненной форме растений и совпадают с природными зонами. Биомы водных экосистем выделяются по особенностям условий среды, которые определяют состав экосистем.

Перечислим наиболее важные *биомы суши*:

тундры (арктические и альпийские);

тайга;

листопадные леса умеренной зоны;

степи умеренной зоны;

тропические степи и саванны (растительность этих биомов вегетирует круглый год, но в период засухи их биологическая продукция резко снижается);

пустыни;

полувечнозеленые сезонные тропические леса (зимнезеленые леса, сбрасывающие листья летом);

тропические дождевые леса (вегетируют круглый год и являются самыми продуктивными экосистемами Земли).

Каждый биом формируется под воздействием определенного комплекса условий среды. На рис. 64 показаны экологические ареалы некоторых биомов в двух главных осях климатических факторов – среднегодовой температуры и количества осадков, а на рис. 65 – карта основных биомов мира. Однако для объяснения того, почему формируется тот или иной биом, этих показателей бывает недостаточно, важную роль играют динамика поступления осадков в течение года, максимальные и особенно минимальные температуры воздуха.

Различают всего два *биома пресных вод*:

биом стоячих вод,

биом проточных вод.

Экосистемы биома стоячих вод более разнообразны, так как в этом случае шире пределы изменения условий, определяющих состав биоты и ее продукцию, – глубины водоема, химического состава воды, степени зарастания водоема (включая и образующиеся вдоль побережий сплавины – сообщества на плавающем торфе). В биоме проточных вод большую роль играет скорость течения, и состав биоты перекатов и плесов различается.

В зарастающих водными растениями озерах вода богата элементами питания, обилен фитопланктон и выше вторичная биологическая продукция (включая и продукцию рыб). В глубоких озерах с мягкой водой низка и первичная, и вторичная продукция.

Различают семь основных *биомов морских вод и прибрежий*:

приморские скалистые побережья, достаточно бедные элементами питания;

лиманы – богатые элементами питания илистые отмели у впадения рек;

континентальный шельф – экосистемы прибрежных зон океанов с глубиной не более 200 м. Отличаются высоким биологическим разнообразием и высокой биологической продуктивностью. Это основные районы промысла морепродуктов;

фотические (автотрофные) экосистемы верхнего слоя вод открытого океана (поверхностные пелагические сообщества). Этот биом имеет низкую биологическую продуктивность, сравнимую с пустыней;

области апвеллинга. У западных побережий материков ветры постоянно отгоняют поверхностную воду от крутого берегового склона, и в этих местах из глубины поднимается вода, обогащенная элементами питания (в первую очередь фосфором и азотом). Это очень продуктивные экосистемы, которые являются районами промышленного рыболовства (особенно сельди);

морские глубоководные пелагические экосистемы (формируются при отсутствии света и потому представлены гетеротрофами, живущими за счет «питательного дождя»);

коралловые рифы – высокопродуктивные экосистемы тропических морей.

Более подробно характеристика биомов рассматривается на уроках географии.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные биомы наземных экосистем.
2. Чем отличаются экосистемы биомов стоячих и текущих вод.
3. Какие биомы морских вод имеют самую высокую биологическую продуктивность?
4. Какой биом морских вод представлен гетеротрофными экосистемами?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экосистемы разнообразны, в их составе – самые разные ансамбли видов в сочетании с разными условиями среды. Экосистемы, состав и функции которых определяются в основном природными факторами, называются естественными (лес, озеро, степь, океан, тундра). В антропогенных экосистемах главную роль в управлении их составом и функцией играет человек. Их примеры: сельскохозяйственные земли, территории городов и т.д.

Полностью естественных экосистем сегодня уже нет, так как влияние человека простирается не только на степи и луга, где он пасет скот, но и на отдаленные от его поселений участки океана или заоблачные ледники горных экосистем. Через атмосферу эти естественные экосистемы получают свою порцию загрязняющих веществ, на них влияет изменение климата, вызванное хозяйственной деятельностью человека.

Кроме того, экосистемы подразделяются по источнику энергии, на которой они «работают», и углерода, который используют как «сырье» для синтеза органического вещества. Автотрофные экосистемы используют энергию солнца или химических реакций минеральных веществ и неорганический углерод, гетеротрофные – готовые органические вещества и заключенную в них энергию. Органическое вещество для гетеротрофных экосистем производится в автотрофных экосистемах.

Даже экосистемы с одним типом питания и при сходном влиянии человека очень разнообразны. Так, к примеру, автотрофные естественные экосистемы леса и озера различаются не только по составу биоты, но и по многим параметрам функции. В экосистеме озера пищевые цепи более длинные, выедание организмов в пастбищных пищевых цепях более полное, быстрее протекает круговорот веществ, биомасса может быть больше биологической продуктивности, что невозможно в лесной экосистеме.

Среди хемотрофных естественных экосистем наиболее удивительны геотермальные оазисы рифтовых зон. За счет энергии окисления сероводорода бактериями и их симбиоза с червями-вестиментиферами формируется первичная биологическая продукция, за счет которой живут десятки видов других гетеротрофных организмов.

Экосистемы разных природных зон суши и разных частей океана, различающихся глубиной и богатством элементов питания, называются биомами.

Индивидуальное задание

Тема: «Сравнение экосистем леса и пруда».

Задача исследования – выявить различия биоты двух разных естественных автотрофных экосистем. Работа экспериментальная и трудоемкая, поэтому ее лучше выполнять нескольким школьникам, совместно работающим в экологическом кружке. Постарайтесь составить список видов растений, животных и других организмов (лишайников, грибов) леса и список растений и животных пруда. Для работы вам потребуется рыболовная сеть и разрешение природоохранных органов на вылов рыбы в научных целях. Потребуется микроскоп, чтобы в капле воды определить состав планктона (хотя бы до крупных групп). Конечно, вам не удастся полностью охарактеризовать состав биоты экосистем, но вы выявите достаточно много видов, для того чтобы показать различия сравниваемых экосистем. Функциональные параметры экосистем опишите на основе данных литературы.

В качестве источника материала используйте двухтомник Ю. Одума и краеведческую литературу о флоре и фауне своего района.

Глава 9. БИОСФЕРА

Самой большой экосистемой является биосфера – оболочка планеты, заселенная живыми организмами (рис. 66). Толщина биосферы немного больше 20 км (организмы обитают над поверхностью суши не выше 6 км над уровнем моря, опускаются не глубже 15 км в толщу суши и 11 км в глубь океана), но основная масса живого вещества сконцентрирована в приповерхностном слое толщиной всего нескольких десятков метров: это высота лесного полога и глубина проникновения основной массы корней. В этих же пределах сконцентрированы наземные и почвенные животные и микроорганизмы. В океане наиболее обжиты растениями и животными освещаемые солнцем и прогреваемые приповерхностные 10–20 м толщи воды. В этом тонком слое биосферы сконцентрировано свыше 90% биомассы растений и животных.

По сравнению с диаметром Земли (13 тыс. км) биосфера – тонкая пленка, подобная коже на большом яблоке.

Как мы уже говорили, истоки учения о биосфере лежат в работах А.Л. Лавуазье, Ж.Б. Ламарка, А. Гумбольдта. Термин «биосфера» предложил Э. Зюсс. Однако, учение о биосфере создал русский ученый В.И. Вернадский. Он доказал, что за 4 миллиарда лет существования на планете Земля живые организмы вызвали огромные преобразования. В атмосфере появился кислород, раковины моллюсков образовали осадочные горные породы. Под

влиянием жизнедеятельности организмов в биосфере постоянно происходит круговорот воды, кислорода, углерода, азота и других веществ.

§ 43. СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ

В биосфере различают три части.

Атмосфера – газообразная оболочка Земли, состоящая из смеси разных газов, простирающаяся примерно на 100 км (строгой верхней границы атмосферы не существует). В атмосфере различаются следующие слои:

– *тропосфера* – нижний 12-километровый слой, влияющий на погоду; в ней содержатся взвешенные в воздухе водяные пары, перемещающиеся при неравномерном нагреве поверхности планеты. Тропосфера составляет 2/3 массы всей атмосферы;

– *стратосфера* – достигает высоты 50 км. Она включает озоновый слой с максимальной концентрацией озона на высоте 20–45 км. Содержание озона в этом слое примерно в 10 раз выше, чем в атмосфере у поверхности Земли. Если весь этот озон собрать и сжать до давления, равного давлению атмосферы на уровне моря, то его слой составит 3 мм. В процессе образования и разрушения озона происходит поглощение ультрафиолетового излучения. Таким образом озоновый слой защищает поверхность планеты от избытка ультрафиолетовых лучей, неблагоприятно влияющих на живые организмы;

– *мезосфера* – находится на высоте от 50 до 85 км;

– *ионосфера* – слой выше 85 км (простирается до 400 км).

С высотой меняется химический состав и физические свойства атмосферы. Главные составляющие атмосферы: азот (78%) и кислород (20,95%), аргон (0,93%), диоксид углерода (0,03%).

Гидросфера – водная оболочка Земли, включающая океаны, моря, реки, озера, подземные воды, ледники. На 94% она представлена солеными водами океанов и морей, а вклад рек в водный бюджет планеты в 10 раз меньше, чем количество водных паров в атмосфере.

Три четверти пресной воды недоступны организмам, так как законсервированы в ледниках гор и полярных шапках Арктики и Антарктиды.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, мощность которой составляет 50–200 км. Верхний слой литосферы называется *земной корой*.

Контрольные вопросы

1. Какова главная идея учения В.И. Вернадского о биосфере?
2. Из каких основных блоков состоит биосфера?
3. На какой высоте расположен озоновый слой и какова его роль в биосфере?
4. Какова доля пресной воды в гидросфере?
5. Какую мощность имеет литосфера?

Справочный материал

В зарубежной литературе часто вместо понятия «биосфера» используют слово «гея» (от греч. Гея – богиня Земли), которое в 70-х гг. нашего столетия предложил Дж. Лавелок.

Озон образуется при поглощении ультрафиолетового излучения молекулами, содержащими кислород. Атомы кислорода отщепляются от этих молекул и, сталкиваясь с молекулами кислорода, соединяются с ними. Это же излучение разрушает молекулы озона. Образованию озона способствуют электрические разряды и присутствие в атмосфере оксидов азота и углеводородов.

Таблица 2

Распределение водных масс в гидросфере Земли
(по М.И.Львовичу)

Часть гидросферы	Объем воды, тыс. км ³	Доля в общем объеме вод, %
Мировой океан	1 370 000	94,1
Подземные воды	60 000	4,1
Ледники	24 000	1,7
Озера	280	0,02
Вода в почве	80	0,01
Пары атмосферы	14	0,001
Реки	1,2	0,0001
Вся гидросфера	1 454 375	100

Суммарные водные ресурсы России показаны на рис. 67.

§ 44. ОСНОВНЫЕ БИОСФЕРНЫЕ КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ

В биосфере постоянно протекают *круговороты веществ*. Рассмотрим основные круговороты, которые определяют жизнь экосистем.

Круговорот воды (рис. 68). Ткани живых организмов на 70% состоят из воды, и поэтому В.И. Вернадский определял жизнь как живую воду.

Основная масса воды сосредоточена в океанах. Испаряющаяся с его поверхности вода дает живительную влагу естественным и искусственным экосистемам суши. Чем ближе район к океану, тем больше там выпадает осадков. Суша постоянно возвращает воду океану: часть воды испаряется, особенно лесами, часть собирается реками, в которые поступают дождевые и снеговые воды. Обмен влагой между океаном и сушей требует очень большого количества энергии: на это затрачивается до 1/3 поступающей на Землю солнечной энергии.

Круговорот воды в биосфере до развития цивилизации был равновесным, океан получал от рек столько воды, сколько расходовал ее при испарении. Если не менялся климат, то не мелели реки и не снижался уровень воды в озерах. С развитием цивилизации этот круговорот стал нарушаться. В частности, уменьшается испарение воды лесами, ввиду сокращения их площади и, напротив, увеличивается испарение с поверхности почвы при орошении сельскохозяйственных угодий. Реки южных районов обмелели, испарение воды с поверхности океана уменьшается вследствие появления на значительной части его поверхности пленки нефти. Все это ухудшает водоснабжение биосферы. Более частыми становятся засухи, возникают очаги экологических бедствий, например, многолетняя катастрофическая засуха в Африке в зоне Сахеля.

Кроме того, и сама пресная вода, которая возвращается в океан и другие водоемы с суши, часто загрязнена. Практически непригодной для питья стала вода многих рек России.

Доля пресной воды, доступной живым организмам, довольно мала, поэтому ее нужно расходовать экономно и не загрязнять. Этот прежде неисчерпаемый ресурс становится исчерпаемым. Сегодня воды, пригодной для питья, промышленного производства и орошения, не хватает во многих районах мира.

Круговорот углерода (рис. 69). Углерод – основа органических соединений. В атмосфере постоянно происходит обмен диоксида углерода: растения поглощают его при фотосинтезе, и все организмы выделяют в атмосферу в результате дыхания. До 50% (по некоторым данным – до 90%) углерода в форме диоксида углерода возвращают в атмосферу микроорганизмы почвы. Кроме того, углерод поступает в атмосферу из детрита – гумуса, торфа, сапропеля. Это происходит в тех случаях, когда распаиваются почвы, осушаются болота и

создаются условия для деятельности аэробных микроорганизмов, разрушающих органические вещества.

Человек включает в круговорот углерода органические вещества из подземных кладовых детрита – нефти, угля, сланцев, газа. При сжигании этого топлива повышается содержание диоксида углерода в атмосфере. Пока это повышение незначительно, так как дополнительный диоксид углерода успевают использовать леса и фитопланктон океана. Кроме того, этот газ поглощается и самой водой океана, и образующиеся соединения откладываются на его дне. Если площадь лесов будет и дальше сокращаться, океан – загрязняться, а количество антропогенных выбросов диоксида углерода – возрастать, то может произойти значительное увеличение его концентрации в атмосфере.

Участником круговорота углерода является и метан – органическое вещество, которое выделяется в атмосферу бактериями-редуцентами. До начала цивилизации круговорот метана был равновесным и его поступало в атмосферу столько же, сколько разрушалось. С развитием цивилизации количество поступающего в атмосферу метана стало больше, чем его отток. Основные источники метана – рисовые поля и скот. Метан выделяется также со свалок и из угольных шахт.

В круговороте углерода участвуют и геохимические процессы, при которых происходит обмен атмосферного углерода и углерода, содержащегося в горных породах (в известняках содержатся карбонаты, в сланцах – керогены и т.д.). Диоксид углерода расходуется на выветривание карбонатов и на сложные химические реакции преобразования силикатов в карбонаты и выделяется при отложении карбонатов в океане и разложении карбонатов в глубинных горизонтах земной коры. Однако данных о скорости этих процессов нет.

Круговорот кислорода (рис. 70). Кислород – самый распространенный элемент в биосфере. Он составляет 21% атмосферы, входит в состав воды, живых организмов и многих минералов. Важную роль играет озон.

Кислород выделяют зеленые растения в результате фотосинтеза, а поглощают его все живые организмы при дыхании, он расходуется при сжигании топлива в хозяйстве человека. Кроме того, некоторое количество кислорода образуется в верхних слоях атмосферы при диссоциации воды и разрушении озона под действием ультрафиолетового излучения, и часть кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при вулканических извержениях и др.

Круговорот кислорода очень сложный, так как кислород вступает в разнообразные реакции и входит в состав очень большого числа органических и неорганических соединений, и замедленный. Для полного обновления всего кислорода атмосферы требуется около 2 тыс. лет (для сравнения: ежегодно обновляется около 1/3 диоксида углерода атмосферы).

До появления цивилизации этот круговорот также был равновесным. Сегодня кислород используется при сжигании горючего в двигателях автомобилей, в топках тепловых электростанций, в двигателях самолетов и ракет и т.д. Это дополнительное расходование кислорода может нарушить равновесие его круговорота. Пока биосфера справляется с вмешательством человека в круговорот кислорода: его потери компенсируются зелеными растениями. При дальнейшем уменьшении площади лесов и сжигании все большего количества топлива содержание кислорода в атмосфере начнет уменьшаться.

Круговорот азота (рис. 71). Азот – один из самых важных для жизнедеятельности организмов элементов. Он необходим для синтеза белка. Атмосфера в основном состоит из азота (его доля составляет 78%), но это инертный газ и потому недоступен большинству организмов.

Связывание азота в доступные растениям формы происходит при грозных разрядах. Этот процесс осуществляют и микроорганизмы-азотфиксаторы (в наземных экосистемах – бактерии и цианобактерии, в водных – цианобактерии). Кроме того, азот связывается в доступные растениям соединения при производстве азотных удобрений.

Однако пересыщения биосферы связанным азотом не происходит. Его соединения разрушаются до оксидов азота и восстанавливаются до молекулярного азота микроорганизмами-денитрификаторами, и азот возвращается в атмосферу. Азот почвы потребляют растения. В составе растительных белков его используют животные. Возврат азота осуществляется в результате вымывания его из почвы и выделения в атмосферу в форме чистого азота и его оксидов. Бактерии разлагают белки до минеральных форм азота. Попадающий в водоемы азот также проходит по пищевым цепям «растение – животное – микроорганизмы» и возвращается в атмосферу.

Человек нарушает равновесие круговорота азота. При распашке земель резко (примерно в 5 раз) снижается активность фиксации азота микроорганизмами и, напротив, активизируется деятельность разрушающих азотные соединения микроорганизмов-денитрификаторов. В итоге уменьшается содержание связанного

азота в его основном хранилище – почве. Это ведет к снижению плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных экосистем.

Человек влияет на круговорот азота при производстве и внесении минеральных удобрений, кроме того, значительное количество азота в форме оксидов азота поступает в атмосферу в результате ее загрязнения промышленностью и транспортом и выпадает в виде кислотных дождей.

Восстановление естественного круговорота азота возможно за счет уменьшения производства азотных удобрений, резкого сокращения промышленных выбросов оксидов азота в атмосферу и расширения площади посевов бобовых, которые симбиотически связаны с бактериями-азотфиксаторами.

Круговорот фосфора (рис. 72). В отличие от круговоротов углерода и азота, которые являются закрытыми, круговорот фосфора – открытый, так как фосфор не образует летучих соединений, которые могли бы возвращаться в атмосферу.

Фосфор содержится лишь в горных породах, откуда попадает в экосистемы либо при естественном разрушении пород, либо при внесении на поля фосфорных удобрений, производимых из некоторых горных пород. Растения поглощают фосфор, а животные, питающиеся этими растениями, накапливают его в своих тканях. После разложения мертвых тел животных и растений редуцентами не весь фосфор вовлекается в круговорот, часть его вымывается из почвы в водоемы (реки, озера, моря). Там фосфор оседает на дно и либо совсем не возвращается на сушу, либо в небольших количествах возвращается с выловленной человеком рыбой или с экскрементами птиц, питающихся рыбой. Скопления экскрементов морских птиц служили в недалеком прошлом источником ценнейшего органического удобрения – гуано, однако в настоящее время ресурсы гуано практически исчерпаны.

Отток фосфора с суши в океан особенно усиливается под влиянием на экосистемы человека – в первую очередь вследствие возрастания поверхностного стока воды при уничтожении лесов, распашки почв и внесения фосфорных удобрений.

Поскольку запасы фосфора на суше ограничены, а его возврат из океана проблематичен, в будущем в земледелии возможен недостаток фосфора, что вызовет снижение урожаев (в первую очередь зерновых). Поэтому необходима экономия ресурсов фосфора.

Контрольные вопросы

1. Какова доля пресной воды в мировом запасе, какая ее часть доступна организмам?
2. Как человек влияет на круговорот воды?
3. Какую роль в круговороте углерода играет метан?
4. Почему круговорот кислорода является самым сложным?
5. Что нужно сделать для нормализации круговорота азота?
6. Чем отличается круговорот фосфора, от круговоротов углерода или азота?

Справочный материал

Живое вещество состоит из множества химических элементов, но преобладают всего три – кислород (70%), углерод (18%) и водород (10%) и большая часть кислорода и водорода входит в состав воды, 1, 5% падает на долю азота, натрия, магния, кремния, фосфора, серы, калия, железа, хлора. На все остальные элементы таблицы Менделеева – 0,5%.

Потребность в воде у организмов очень велика. Например, для образования 1 кг биомассы дерева в разных районах расходуется от 200 до 500 л воды. Чтобы вырастить 1 т пшеницы, требуется 1500 т воды, а 1 т риса – 7000 т воды.

Разные фракции воды гидросферы участвуют в круговороте воды по-разному и с разной скоростью. Так, для полного обновления воды в составе ледников необходимо 8 тыс. лет, подземных вод – 5 тыс. лет, океана – 3 тыс. лет, почвы – 1 год. Пары атмосферы и речные воды полностью обновляются за 10–12 суток.

1 м² леса производит в год от 1 до 3 м³ кислорода. При снижении содержания кислорода в атмосфере до 16 % у человека ухудшается самочувствие (в особенности страдает сердце), до 7% – человек теряет сознание, а если этот показатель опускается до 3 % – наступает смерть.

Запасы углерода в атмосфере, в составе живых организмов суши и освещенного слоя океана примерно равны. По разным данным они составляют по 600–750 Гт (1 Гт = 10¹⁵ г). Над каждым квадратным метром суши находится 1 кг углерода, и под каждым квадратным метром океана при глубине 4 км – 100 кг неорганического углерода. Примерно треть этого количества (около 200 Гт) циркулирует, т.е. ежегодно усваивается организмами в процессе фотосинтеза и возвращается обратно в атмосферу, причем, вклад океана и суши также примерно сходный.

Количество диоксида углерода в атмосфере над зоной тайги примерно в 3 раза выше, чем над тропическим лесом, так как в тропиках активнее идет процесс фотосинтеза. Причем, если в тропиках в течение года содержание в атмосфере диоксида углерода более или менее стабильно, то в тайге в зимнее время его несравненно больше, чем летом, когда деревья активно фотосинтезируют.

Главными источниками метана являются болота – 21%, рисовые поля – 20%, скот – 15%, горение биомассы – 10%, природный газ – 8%, угольные шахты – 7%, свалки – 7%.

В мире 1,5 млрд. голов крупного рогатого скота, каждая корова производит 250 л метана в сутки (этого метана хватит, чтобы вскипятить 20 л воды).

В настоящее время вследствие уменьшения доли естественных экосистем биологическая азотфиксация стала меньше промышленной фиксации азота (соответственно 90–130 и 140 Гт), причем к 2020 г. ожидается увеличение промышленной азотфиксации на 60%. До половины азота, вносимого на поля, вымывается в грунтовые воды, озера, реки и вызывает эвтрофикацию водоемов.

В США с атмосферными осадками выпадает 20–50 кг/га в год азота, а в отдельных районах эмиссия достигает 115 кг/га. Экологически безопасной считается величина эмиссии азота 10–30 кг/га в год. При более высоких нагрузках происходят значительные изменения в экосистемах: почвы подкисляются, происходит выщелачивание питательных элементов в глубокие горизонты, возможно усыхание древостоев и массовое развитие заносных видов-нитрофилов.

Высокое содержание азота в растениях, выросших на загрязненных азотом почвах, повышает их поедаемость, что может привести к выпадению из растительных сообществ даже доминантных видов. Так, в некоторых пустошах Западной Европы после того, как в вереске повысилось содержание азота, массово распространился вересковый жук (его количество достигало 2000 экземпляров на 1 м²). Жук практически полностью выел этот кустарник из сообществ. Аналогичные изменения отмечены и в составе загрязняемых промышленным азотом сообществ в Калифорнии.

Ежегодно в океаны вымывается 14 млн. т фосфора, а с рыбопродуктами и в результате деятельности приморских птиц возвращается всего 0,1 млн. т. Примерно половину количества смываемого в океаны фосфора человек вносит на поля с фосфорными удобрениями.

Живые организмы способны накапливать многие элементы и сложные вещества и повышать их концентрацию в тысячи раз. Ежегодно организмы поглощают из окружающей среды и концентрируют в своем теле 2 млрд. т фосфора, 100 млн. т железа, по 10 млн. т никеля, по 100 тыс. т кобальта и хрома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мертвая планета Земля покрыта тонкой пленкой жизни – биосферой, сформированной живыми организмами за 4,5 млрд. лет существования их на планете. Толщина биосферы составляет около 20 км, но основная масса живого вещества сконцентрирована в слое 50-100 м. В биосфере различают три части – атмосферу, гидросферу и литосферу.

Жизнь – это мощная геологическая сила, которая преобразовала Землю – создала известняки и наполнила атмосферу кислородом. Живые организмы являются активными участниками основных биосферных круговоротов веществ – углерода, воды, кислорода, азота, фосфора и др. Они поглощают воду и испаряют ее. Благодаря организмам осуществляется круговорот углекислого газа, который тесно связан с круговоротом кислорода. Кислород усваивается всеми организмами при дыхании и превращается в углекислый газ, который используется растениями для фотосинтеза, в качестве побочного продукта при этом выделяется кислород, возвращающийся в атмосферу. Большая часть углерода, содержащегося в органическом веществе, созданном растениями и преобразованном животными, возвращается в атмосферу микроорганизмами-редуцентами, а некоторое количество – при дыхании всех других организмов.

Азотфиксирующие бактерии являются основным поставщиком азота в экосистемы, а бактерии-редуценты возвращают его обратно в атмосферу.

Растения усваивают фосфор, который поступает в почву из горных пород. Этот фосфор используется всеми другими организмами и возвращается в окружающую среду микроорганизмами-редуцентами. Однако часть фосфора при этом оседает на дне водоемов и исключается из круговорота.

До развития цивилизации все круговороты были равновесными, то есть в окружающую среду возвращалось столько веществ, сколько из нее было изъято. Развитие цивилизации привело к нарушению круговоротов.

Индивидуальное задание

Тема реферата: «Жизнь как геологическая сила на планете Земля».

Расскажите в реферате о том, как живые организмы сформировали современный облик биосферы и влияют на нее сегодня.

Для написания реферата используйте следующую литературу:

Лаппо А.В. Следы былых биосфер, или рассказ о том, как устроена биосфера и что осталось от биосфер геологического прошлого. М.: Знание, 1987.

Аллен Дж., Нельсон М. Космические биосферы. М.: Прогресс, 1991.

Описание основных круговоротов веществ можно найти в двухтомнике Ю. Одума. Наконец, вы можете познакомиться с работами В.И. Вернадского о биосфере, которые есть во всех библиотеках.

Часть 2. ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Прикладная экология разрабатывает принципы, методы, конкретные технологии рационального использования естественных экосистем и способы управления социоприродными (антропогенными) экосистемами, при которых наносится минимальный ущерб окружающей среде (сохраняются природные ресурсы). К прикладной экологии относится и охрана природы в узком плане, так как для сохранения биологического разнообразия – отдельных видов и целых экосистем – нужны специальные технологии.

Вопросы использования и охраны природных ресурсов тесно связаны с проблемами социальной экологии – экономическими и правовыми рычагами, способствующими рациональному использованию природных ресурсов.

Глава 10. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

В Российской Федерации на долю естественных экосистем приходится более 60% территории, причем лишь несколько процентов этой площади сохраняется в системе *особо охраняемых природных территорий (ООПТ)*. Остальная часть используется в хозяйственной деятельности. Рассмотрим принципы рационального использования естественных экосистем основных биомов России.

§ 45. ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Лесные экосистемы очень важны для жизни биосферы: они обогащают атмосферу кислородом и поддерживают уровень содержания в ней диоксида углерода. Леса играют большую роль в круговороте воды: покрытая подстилкой поверхность лесных почв впитывает дождевые осадки и снеговые воды, пополняя запасы подземных вод. Лесные почвы фильтруют воды, стекающие с полей и промышленных площадок, и очищают их от многих вредных примесей. Лесные экосистемы испаряют в атмосферу влагу и благотворно влияют на климат, повышая влажность воздуха.

По способу хозяйственного использования и необходимости охраны различают три группы лесов.

Леса первой группы располагаются вдоль рек и по побережьям озер, а также вдоль крупных шоссе-дорог, в зеленых зонах городов, в заповедниках. Их вырубать нельзя.

Леса второй группы называют защитно-эксплуатационными. В таких лесах проводят рубки, но так, чтобы древостой полностью не уничтожался, и шел процесс его самовосстановления.

Леса третьей группы – эксплуатационные. В таких лесах древостой можно вырубать почти полностью, оставляют лишь отдельные деревья как источники семян для восстановления леса естественным путем или проводят посадку деревьев.

Леса – важный объект хозяйственной деятельности человека (рис. 73). Различают *главное* и *побочное лесопользование*. При главном лесопользовании в лесах заготавливается древесина, при побочном – грибы и ягоды, лекарственные растения. К побочному лесопользованию относится и охота на лосей, кабанов, зайцев, куниц, колонков, глухарей, рябчиков и других промысловых животных.

Леса играют рекреационную роль – это место отдыха городского и сельского населения. Обогащенный кислородом и насыщенный целительными выделениями растений (фитонцидами) лес – источник здоровья.

При рациональном использовании лесных экосистем в них поддерживается экологическое равновесие, и естественным путем возобновляются популяции деревьев, промысловых животных, лекарственных трав, грибов. В итоге сохраняется биосферная роль лесов. Однако принципы рационального использования лесов соблюдаются далеко не всегда.

Познакомимся с основными нарушениями принципов рационального использования лесных экосистем и способами их исправления и предотвращения.

Превышение расчетной лесосеки. *Расчетная лесосека* – это план заготовки древесины в пределах годичного прироста, при котором лесу не будет нанесен существенный урон, и он сможет восстановиться. В России на площади 1,7 млрд. га ежегодный прирост составляет 830 млн. м³, но используется только треть расчетной лесосеки. Древесина заготавливается в основном на территориях, приближенных к транспортным узлам (европейская часть, районы вдоль железных дорог и рек Сибири). В этих районах расчетные лесосеки ценных пород (ель, сосна, пихта, кедр, лиственница) часто превышаются. В итоге вырубки зарастают березой и другими малоценными породами. Для того чтобы предотвратить этот процесс, называемый сменой пород, необходимо при рубке специально оставлять крупные деревья. Из их семян сможет восстановиться лес с преобладанием нужной породы. Там, где уже нет возможности обеспечить восстановление леса естественным путем, проводят посадки ценных пород.

Лесные пожары. Лесные пожары ежегодно уничтожают десятки тысяч гектаров лесов. Хозяйства терпят убытки – гибнут древесина, промысловые звери и птицы, в горных лесах в результате пожаров развивается эрозия склоновых почв. Причиной пожаров могут быть молнии, однако сегодня их роль незначительна, большая часть пожаров начинается из-за неаккуратного обращения человека с огнем. Для профилактики пожаров запрещается в сухое время года в лесу разводить костры. В крупных лесных хозяйствах есть специальные пожарные бригады, в распоряжении которых вертолеты и современные огнетушители. Низовые пожары (когда выгорает только напочвенный покров и подлесок, а деревья сохраняются) могут быть даже полезны для леса, так как уничтожают избыток детрита, скапливающегося на поверхности почвы, и ликвидируют пристанища для размножения лесных вредителей, но они случаются редко.

Уменьшение водоохранной роли лесов. При полном или частичном сведении лесов первой и второй группы высыхают родники и колодцы, падает водность рек и нарушается равномерность стока (высокие весенние паводки и большие наводнения чередуются с сильным обмелением рек летом). В настоящее время проводятся работы по восстановлению лесов вдоль рек. В России увеличивается доля лесов второй группы.

Выпас скота. При выпасе погибают молодые деревца, которые скот объедает и вытаптывает, ухудшаются условия для

роста взрослых деревьев, исчезают птицы и массово размножаются вредители. В лесах на склонах гор выпас вызывает смыв почвы (эрозию). Для исправления ситуации выпас в лесах прекращают. Скот обеспечивают кормом на сенокосах и пастбищах, продуктивность которых повышают использованием специальных приемов улучшения лугов: 1 га улучшенного луга в лесной зоне дает столько же корма скоту, сколько 20 га леса.

Влияние на леса пыли и ядовитых газов. Отрицательно влияют на лесные экосистемы выбросы в атмосферу токсичных газов и пыли промышленными предприятиями и транспортом. Эти загрязняющие вещества попадают из атмосферы в леса чаще всего с кислотными дождями. В непосредственной близости от промышленных предприятий, загрязняющих атмосферу, возможны ожоги листьев деревьев ядовитыми газами и пылью. Устойчивость разных деревьев к атмосферным загрязнителям различна. Устойчивы тополи, ивы, малоустойчивы ель, пихта, липа. Для уменьшения количества промышленных выбросов в атмосферу строят очистные сооружения и внедряют новые малоотходные технологии.

Влияние подтопления. Леса могут погибать при строительстве водохранилищ или крупных дорог, нарушающих подземный сток грунтовых вод. В прилегающих к водохранилищу низких местах и вдоль дорог к поверхности приближаются грунтовые воды. Это называется *подтоплением*. Такие породы, как липа, дуб или сосна, не приспособлены к жизни на переувлажненных почвах и погибают. Для уменьшения вреда от подтопления на таких участках высаживают деревья, которые меньше страдают от избытка влаги (тополь, ольха, ива).

Истощение ресурсов побочного лесопользования. При чрезмерной заготовке даров леса: грибов, ягод, лекарственных растений и ненормированном отстреле дичи ресурсы леса истощаются. Заготовку растительного сырья и охоту в лесах организуют так, чтобы не подрывать способность популяций к возобновлению, т.е. не превысить максимально допустимую долю изъятия урожая. Органы исполнительной власти контролируют использование лесных богатств, выдают специальные разрешения (лицензии) на отстрел животных и на заготовку определенного количества растительного сырья. В результате во многих регионах России в последние годы увеличилась численность таких животных, как лоси, кабаны. Население должно знать способы и сроки заготовки растительного лекарственного сырья, бережно обращаться с кустарниками при сборе плодов черемухи, калины, лещины и др.

Обеднение видового состава лесов при использовании химических препаратов. В современном лесоводстве применяют химические средства борьбы с насекомыми-вредителями. В год использования пестициды подавляют вредителей, но вместе с ними уничтожают множество «врагов наших врагов» – хищных насекомых (муравьев, ос) и птиц. На следующий год более массовые популяции вредителей могут вновь быстро восстановиться, а контролирующие их плотность менее многочисленные виды вообще исчезнут. Экологическое равновесие будет нарушено, и пестициды придется применять каждый год, все более ухудшая экологическую ситуацию в лесу и уменьшая разнообразие обитающих в нем животных. При соблюдении правил лесозаготовок и обеспечении охраны муравейников нет необходимости применять в лесу пестициды. Плотность насекомых-фитофагов регулируется механизмами экологического равновесия.

Захламление лесов. Большой вред лесным экосистемам наносит захламление лесов древесными остатками при заготовке древесины или бытовым мусором. Кучи сучьев, коры, тонких стволиков, высокие пни становятся местами размножения лесных вредителей. Бытовой мусор, оставленный в пригородном лесу отдыхающими, туристами или сваленный из автомашин, ухудшает эстетический вид леса, а при сильном захламлении способствует смене лесных трав растениями мусорных местообитаний – рудералами (в первую очередь крапивой и чистотелом). Для предотвращения захламления нужно строго контролировать соблюдение правил заготовки древесины, все древесные остатки использовать для приготовления древесностружечных плит или отправлять на химическую переработку. Ветки хвойных деревьев – это ценный корм, из них готовят витаминные концентраты.

Влияние отдыха и туризма. Лес – место отдыха сельского и особенно городского населения. Если леса будет посещать чрезмерно много отдыхающих, это приведет к ухудшению их состояния, и произойдет рекреационная сукцессия. Экологи определяют норматив – предельно допустимую рекреационную нагрузку на лес, при которой он сохранится. Этот норматив определяет число посещений отдыхающими 1 гектара леса за месяц или день. Если массив леса расположен в городской черте, его называют *лесопарком*. Экосистемы лесопарков испытывают самые большие рекреационные нагрузки. Для их уменьшения лесопарки благоустраиваются (проводятся пешеходные дорожки, создаются игровые площадки, оборудуются места отдыха – беседки, скамейки и т.д.). Для предотвращения захламления лесопарков бытовым

мусором устанавливают контейнеры для его сбора, проводят очистку замусоренных лесов.

Существуют правила поведения туристов в лесу, которым они должны строго следовать. Большой вред лесным экосистемам может наносить неорганизованный туризм.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается биосферное значение лесов?
2. Что такое побочное использование лесов?
3. Какие группы лесов различаются по их хозяйственному использованию?
4. Как в России нарушается расчетная лесосека?
5. Может ли пожар быть полезными для леса?
6. Как можно снизить рекреационное влияние на лес?

Справочный материал

Чтобы компенсировать потери лесов из-за рубок, нужно ежегодно сажать 1,5 млн. га леса. Лидерами посадки леса сегодня стали Южная Корея и Кения. Компания из Коннектикута (США), которая производит электрооборудование, вложила 2 млн. долларов в посадку лесов в Гватемале. На площади 960 км² посажено 52 млн. деревьев.

Леса России ежегодно поглощают 262 млн. т углерода, однако этот показатель можно удвоить, если улучшить возрастную структуру лесов и перестойные леса заменить на более молодые древостой. Чем продуктивнее лес, тем благотворнее его влияние на атмосферу. Древостой среднего возраста поглощает диоксида углерода больше, чем молодая посадка: 1 га 20-летнего сосняка поглощает 9 т диоксида углерода в год, а 60-летнего – 13 т. У старого перестойного древостоя способность поглощать диоксид углерода и выделять в атмосферу кислород снижается. Таким образом, вовремя срубить лес – это получить не только экономическую выгоду (древесину высокого качества), но и экологический выигрыш. Между тем в ряде районов России (Западная Сибирь, Башкортостан, Татарстан) много перестойных березняков.

Лес – санитар атмосферы: 1 га придорожного елового леса задерживает 30 т пыли в год, соснового бора – 38 т, а дубравы – 54 т. Зеленый фильтр леса шириной 100 м снижает запыленность воздуха до 65% от запыленности на открытом месте; шириной 400 м – до 38%, шириной 1000 м – до 25%, шириной 3 км – до 5%.

Важным источником кислорода и поглотителем диоксида углерода являются тропические леса, однако из-за хищнического использования они исчезают со скоростью 23 га в минуту. Каждый день в тропических лесах безвозвратно исчезают 3 биологических вида. Если положение не изменится, то эти леса исчезнут в начале следующего столетия, что резко усилит проявление парникового эффекта.

Когда Гималаи были покрыты деревьями, территория современного государства Бангладеш страдала от больших наводнений дважды за 100 лет. Сейчас там одно крупное наводнение происходит в среднем раз в четыре года.

Финляндия имеет всего 2% лесных запасов мира и производит 25% мировой бумаги. В этой стране 100 крупных предприятий по производству целлюлозы, бумаги, картона. Углубляя переработку древесины, Финляндия сокращает лесосеку и восстанавливает вырубаемые леса. Наша страна в основном торгует круглым лесом, стоимость которого 33 доллара за 1 м³. Кубометр целлюлозы, которую продает Финляндия, стоит 500 долларов. При этом финские целлюлозно-бумажные комбинаты экологически чистые и практически не загрязняют среду.

Расчетная лесосека России в 1998 г. была использована только на 20%.

В России используют от 50 до 70% биомассы срубленных деревьев, остальное гниет на вырубках или сжигается. В Японии используют до 99%, включая пни и кору, из которой готовят субстрат для выращивания грибов. После того как грибы используют нужные им питательные элементы, порошок коры можно использовать как органическое удобрение. Та часть древесины, которую нельзя использовать для изготовления пиломатериалов, становится сырьем для производства спирта и различных прессованных изделий (древесноволокнистых плит и т.д.).

Леса России богаты орехами, ягодами и грибами. В настоящее время учтено свыше 8485 тыс. т. клюквы, черники и брусники, 2759 тыс. т орехов, 4326 тыс. т грибов. Из 600 видов лекарственных растений, которые заготавливают на территории России, одна треть – лесные виды, в том числе 10 – древесные. Однако использование этих «даров леса» крайне неполное. Используется примерно треть урожая ягод, пятая часть урожая орехов и десятая часть урожая грибов. Ценнейшего продукта леса – кедрового ореха, обладающего редким комплексом полезных для здоровья человека качеств, заготавливается не более, чем четверть от возможного количества. В то же время популяции клюквы вблизи

городов и дорог в значительной мере подорваны варварским сбором («вычесыванием»).

В лесу урожайность (на 1 га) грибов – 150–250 кг, ореха лещины – до 500 кг, брусники и черники – 300–350 кг (на вырубках – до 1,5–2 т), малины – 200–600 кг (на вырубках — до 3 т), кедрового ореха — от 250 до 600 кг (рекордный сбор – до 1,2–2 т). С 1 га зрелого березового леса можно получить 20–30 т сока.

Урожай лесных ягод в районах их интенсивной заготовки может быть повышен при применении удобрений: урожай малины, ежевики, смородины – в 2–3 раза, черники – на треть.

Одно взрослое дерево липы «дает» 70 кг меда, это столько же, сколько пчелы могут собрать с 1 га посевов гречихи. 1 га липняка – это 1 т меда. Липовыми лесами богаты Дальний Восток и Башкортостан.

В непригодном для отдыха лесопарке в течение года могут отдыхать не более 10–25 человек на 1 га, а при обустройстве его дорожками 1 га леса может выдержать 50 отдыхающих.

Разные типы леса различаются по предельно допустимым рекреационным нагрузкам. Так, в средней полосе России сосняк может выдержать 7, ельник – 15, осинник и березняк – до 20–30 человек на 1 га одновременно и ежедневно в течение 5–7 лет.

Семья синиц за лето съедает 35 тыс. гусениц, лазоревка в период кормления птенцов уничтожает до 250 тыс. гусениц. Добыча муравьев одного большого муравейника в сутки составляет 6500 гусениц, 28000 куколок и 2600 бабочек дубовой листовертки. Пять муравейников средней величины гарантируют здоровье целому гектару леса.

(ДОП.) § 46. РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСОВ РОССИИ

Основные производственные массивы лесов России связаны с умеренными широтами. Они представлены следующими типами.

Хвойные леса – еловые, сосновые, пихтовые, кедровые, лиственничные. Эти леса занимают северную часть лесной зоны России, называемую тайгой, и верхнюю часть лесного пояса гор – Кавказа, Карпат, Памира и Тянь-Шаня. Они дают наиболее ценную древесину, и потому именно в тайге ведут основные лесозаготовки, часто истощающие леса.

Широколиственные и смешанные леса. Основные породы этих лесов – дуб, липа, вяз. Они размещаются к югу от тайги. На севере ареала к широколиственным породам примешиваются ель, пихта, сосна.

Мелколиственные леса. Древостой в этих экосистемах состоит из разных видов березы, ольхи, осины. Чаще всего мелколиственные леса вторичны, т.е. растут на месте вырубленных широколиственных или хвойных лесов. Однако в Западной Сибири есть и первичные березовые леса.

Пойменные леса. Эти лесные экосистемы формируются в частях речных долин, заливаемых в весеннее время паводковыми водами. В составе пойменных лесов – различные виды ив, тополей, ольха черная. На высоких заливаемых на короткое время участках пойм в зоне тайги формируются еловые и лиственничные леса, в зоне широколиственных лесов – липняки.

Контрольные вопросы

1. Какие основные породы формируют хвойные леса России?
2. Какие основные породы формируют широколиственные леса России?
3. Какие основные породы формируют мелколиственные леса России?
4. Какие основные породы формируют пойменные леса России?

Справочный материал

Лесные экосистемы занимают почти 40% территории планеты. На их долю приходится 44% территории России, 14,1% – Украины, 33,9% – Белоруссии. Много лесов в странах Балтии. Значительные массивы лесов расположены в горах Кавказа, на Памире и Тянь-Шане. Все эти леса растут в условиях умеренного климата. Кроме того, лесами покрыты значительные площади в тропическом поясе, где деревья остаются зелеными в течение всего года или сбрасывают листья на непродолжительное время в период летней засухи.

В России – 22% площади лесов мира и 25% древесных запасов мира. Однако 40% наших лесов находится в зоне вечной мерзлоты, и потому их продуктивность сравнительно низка, а запасы древесины не превышают 70-80 м³/га (для сравнения: леса из секвойи, дугласовой пихты и хемлока в Северной Америке имеют запас 1000-1200 м³/га). Тем не менее, лесных богатств в России достаточно, и главным бичом лесного хозяйства остается их нерациональное использование.

Самый богатый лесом район России – Сибирь, так как в европейской части лесные богатства в значительной степени

подорваны сплошными рубками, и ценные хвойные породы на больших площадях сменились мелколиственными – осиной, ольхой, березой. В Сибири ежегодно вырубают 600 тыс. га леса, столько же гибнет от пожаров. Искусственное восстановление не превышает 200 тыс. га. При таком режиме эксплуатации и ресурсы лесов Сибири за 30 – 40 лет будут подорваны.

Гидроэлектростанции в Сибири строили без расчистки леса на дне будущих рукотворных морей. Так, при строительстве Братской ГЭС было затоплено 40 млн. м³ прекрасной древесины хвойных пород. Если бы эту древесину использовали, то стоимость продуктов ее переработки смогла бы покрыть все расходы на строительство ГЭС. Примерно 20 млн. м³ древесины осталось на дне водохранилища при Усть-Илимской ГЭС, без расчистки dna были заполнены и водохранилища Вилюйской и Саяно-Шушенской ГЭС. Затопление леса не только лишает страну ценной древесины, но и ухудшает качество воды в водохранилищах и препятствует судоходству.

§ 47. СТЕПНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

В прошлом степные экосистемы занимали обширные пространства России, расположенные южнее лесной зоны, где для произрастания деревьев недостаточно влаги. *Степи* располагались на равнинах и по южным склонам гор. Большую роль в формировании степных экосистем играли стада диких копытных, таких, как сайгаки. Копытные помогали победить в конкуренции видам растений, которые хорошо отрастают после скусывания животными и не боятся вытаптывания. Главные среди них – злаки из рода ковыль и типчак. У этих злаков формируется густой пучок побегов – дерновина, поэтому их называют дерновинными. Между дерновинами ковылей и типчака растет яркое степное разнотравье и богатые белком бобовые. (Рис. 74). Степи очень богаты видами растений, на 1 м² их можно насчитать более восьмидесяти.

У степных экосистем есть две особенности: во-первых, до 70% фитомассы степных растений «закопано в почву», в которой расположены мощные корневые системы ковылей, типчака и других степных трав; во-вторых, в середине лета в степях временно прекращается рост растений и они переходят в состояние покоя. После осадков, которые выпадают во второй половине июля или в августе, растения вновь трогаются в рост. Летнее высыхание степных травостоев создает большие сложности для скотоводов: пастбища в это время оскудевают, и корм для животных приходится подвозить с пашни.

Со временем на смену диким копытным пришли стада коров, овец, табуны лошадей. До тех пор пока на каждом участке степи скот пастись недолго и не каждый год, степные экосистемы не разрушались, и травостой хорошо восстанавливался. В июньскую пору волнами колыхались на ветру длинные пушистые ости ковылей. (Рис. 75.)

Под степными травостоями находятся самые плодородные черноземные почвы России, и 500–700 лет назад человек начал их распахивать, чтобы выращивать сельскохозяйственные культуры. Последние значительные площади степей были распаханы в Татарстане, Башкортостане и Южной Сибири в 1954 г., когда осваивались целинные земли. (Рис. 76).

Сегодня европейские степи на равнинных черноземах можно видеть только в заповедниках (Центрально-Черноземный, Галичья гора, Стрелецкая степь). Вне заповедников сохранились лишь степи, расположенные на склоновых горных почвах, которые нельзя было использовать под пашню. Таких степей довольно много по склонам Урала и в предгорном поясе Северного Кавказа. Под травостоем горных степей слой мелкозема, перемешанного с камешками, составляет всего 5–10 см. Поэтому в степных травостоях, наряду с ковылями, типчаком, таволгой обыкновенной, клевером горным и другим степным разнотравьем и бобовыми, произрастают особые виды-камнелюбы: оносма простейшая, василек сибирский, бурачок извилистый, горноколосник колючий.

Значительные участки степной растительности сохранились в Южной Сибири (в Хакасии, Туве, Читинской области, Бурятии). Это степи связаны не с черноземами, а с менее гумусированными каштановыми почвами.

Степные экосистемы формируются и на непригодных для освоения под пашню засоленных почвах – солонцах, у которых насыщенные солями горизонты залегают на глубине от 5 до 25–30 см. В солонцеватых степях к типчаку примешиваются такие растения, как полыни, злак вострец, кермек.

Год от года степей оставалось все меньше и меньше, но поголовье скота при этом не уменьшалось. Это привело к разрушению травостоя сохранившихся степей. Началась сукцессия перевыпаса. Состояние степных экосистем ухудшилось: обеднился видовой состав, уменьшилось число видов разнотравья и ковылей. В травостое стало больше типчака и полыней. Снизилась биологическая продуктивность степей, обеднилась их фауна. Исчезли сурки, стало меньше грызунов и питающихся ими степных орлов, луней. Катастрофическим можно назвать состояние степей в горных районах Урала, Хакасии, Тувы и особенно в Калмыкии.

Восстановление и сохранение степей – сложнейшая экологическая и хозяйственная проблема. Для ее решения необходимо восстановить экологическое равновесие – привести в соответствие количество скота и продуктивность пастбищ. Для этого нужно или сократить поголовье или повысить *пастбищную емкость* степных экосистем.

Пастбищная емкость – это количество скота, которое можно выпасать на 1 га в течение года и при этом не разрушать травостой. Чем выше продуктивность пастбища, тем больше его пастбищная емкость. Емкость степных пастбищ увеличивают путем их *коренного улучшения* – распашки и высева травосмесей из засухоустойчивых трав, таких, как житняк, эспарцет, донник, люцерна, регнерия, кострец безостый. Одновременно с высевом травосмеси вносят минеральные удобрения. Улучшение степных травостоев повышает пастбищную емкость в 3–5 раз.

Площадь сенокосов и пастбищ можно увеличить за счет пашни, расположенной на склоновых землях. На этих почвах легко развивается эрозия, урожайность выращиваемых на них сельскохозяйственных культур низка, а высеянные травы могут одновременно прекратить этот разрушительный процесс и повысить доход с каждого гектара.

Для снижения пастбищной нагрузки на степные травостои также используют корма, выращиваемые на пашне. Это особенно важно во второй половине лета, когда травы выгорают, и ранней весной, когда выпас препятствует их отрастанию после зимы. Для сохранения степных травостоев очень важно соблюдение требований *пастбищеоборота*. При пастбищеобороте все пастбища разбиваются на загоны, на которых скот выпасается поочередно. Повторный выпас скота на каждом загоне проводится только после восстановления травостоя. Один раз в несколько лет каждый загон «отдыхает» от пасущихся животных.

Очень перспективно разведение лошадей в степной зоне. Лошади наиболее мягко влияют на травостой (давление их копыт в 4 раза меньше, чем у овец), они едят практически все растения и, кроме того, активнее перемещаются по территории пастбища, равномерно стравливая его травостой. Коневодство особенно перспективно в районах, где конское мясо считается деликатесом (Башкортостан, Татарстан). Оно дает не только превосходное мясо и шкуры, но и молоко, из которого изготавливают кумыс – кисломолочный напиток, оказывающий благотворное влияние на здоровье человека.

Во многих районах России восстановить экологическое равновесие в степных экосистемах только за счет повышения

емкости пастбищ не удастся, придется сократить поголовье скота. Если при этом использовать более продуктивные породы овец или коров, то выход животноводческой продукции не уменьшится.

Контрольные вопросы

1. В каких климатических условиях формируются степные экосистемы?
2. С какими типами почв связаны степи?
3. Чем вреден для степей чрезмерный выпас?
4. Что такое пастбищная емкость экосистемы и как ее можно повысить?

Справочный материал

К степям Евразии близки североамериканские прерии, южноамериканские пампы и саванны Африки, Южной Америки и Австралии. В саваннах на фоне травостоя степного типа разбросаны отдельные деревья и кустарники. Эти экосистемы, как и степи, формировались под влиянием копытных животных, хотя травоядные в саваннах более разнообразны, чем в степях и прериях. Кроме того, в саваннах большую роль играют веткоядные животные, в Африке – это жирафы, в Австралии – кенгуру.

В прошлом для степей была характерна особая фауна (крупные быки – тур в Европе и бизон в Америке; антилопы, дикие лошади). В настоящее время часть этой фауны полностью уничтожена (европейские тур и дикая лошадь тарпан, лошадь Пржевальского) или сохранилась в резервациях (бизон, вилорог, рис. 77).

На территории РФ встречаются следующие типы степей:

– луговые. Распространены в северной части степной зоны. При количестве осадков 500-600 мм доминируют широколиственные злаки (кострец береговой, овсец Шелла, мятлик узколистый), виды разнотравья (таволга обыкновенная, серпуха венценосная, нивяник обыкновенный, василистник малый) и бобовых (клевер горный, горошек тонколистый). В травостое единично представлены типчак и ковыль перистый;

– типичные. Распространены на территориях со среднегодовым количеством осадков 350-500 мм. Их называют разнотравно-ковыльными. Состав разнотравья и бобовых у них близок к луговым степям, но массово представлены дерновинные злаки – типчак, разные виды ковыля (перистый, узколистый, Залесского, красивейший и др.). В этих степях местами встречаются кустарники: карагана кустарниковая, спирея, дрок, ракичник;

– сухие. Распространены южнее типичных степей. При количестве осадков 250-350 мм в них меньше представлено разнотравье, но появляются засухоустойчивый ковыль Лессинга, тонконог стройный, житняк, а также полынь холодная;

– солонцеватые. Встречаются на равнинах небольшими фрагментами, в их составе обычны полынь Лерха, кермек Гмелина, вострец ложнопырейный.

В луговых, типичных и сухих степях на маломощных щебнистых почвах встречаются виды-камнелюбы.

§ 48. ЛУГОВЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Если степные экосистемы сформировались под влиянием сухого климата и диких копытных, то *луга* – это результат хозяйственной деятельности человека. Луговые экосистемы формируются на почвах, увлажненных лучше, чем степные черноземы, когда там вырубали лес и затем начали регулярно выкашивать травостой или пастись скот. Если использование прекратить, луг может снова зарости лесом.

Луга – это сообщества влаголюбивых растений, они распространены в равнинной части лесной зоны, где выпадает достаточно много осадков; в низинах степной зоны, где грунтовые воды подходят близко к поверхности; в лесном и альпийском поясе гор и в речных долинах. Весной, когда тают снега, уровень воды в поймах резко поднимается и реки выходят из берегов, орошая луга и удобряя их питательным наилком, который осаждается из мутной воды во время затопления.

Основу луговых травостоев составляют злаки. Главные виды злаков лугов зоны тайги и смешанных лесов – полевица тонкая, овсяница красная, душистый колосок. В речных поймах, где почвы богаче, преобладают более крупные злаки: овсяница луговая, кострец безостый, лисохвост луговой, канареечник тростниковидный. При выпасе их сменяет малоценный злак щучка дернистая. В зоне широколиственных лесах и в лесостепи главный луговой злак – мятлик узколистный.

В Сибири луга нередко размещаются на засоленных почвах, на таких лугах наиболее обычны пырей ползучий и ячмень короткоостый. В Якутии луга можно встретить не только в поймах рек, но и в аласах – эти уникальные ландшафты с травяной растительностью среди лиственничной тайги представляют собой неглубокие котловины с озером в центре (они образовались в результате вытаивания льда).

В поймах рек Дальнего Востока (особенно Амура) главный луговой злак – крупный вейник Лангсдорфа.

Для горных лугов характерно преобладание не злаков, а сочного разнотравья.

В низинах с близко подступающими к поверхности грунтовыми водами распространены так называемые *низинные луга*, на которых преобладают осоки.

Луга используют как пастбища или как сенокосы. Эти экосистемы не только дают высококачественный корм, но играют важную роль в сохранении почв, плотным дерном защищая их от эрозии. Поэтому эродированные пахотные земли рекомендуют превращать в луга.

Как и степи, луга страдают от слишком сильного выпаса. Снижается урожай и на сенокосах, так как каждый год из экосистемы с сеном выносятся питательные элементы (фосфор, калий, азот и др.), и луговые почвы обедняются. Нередко луга повторно зарастают кустарниками и деревьями. Для повышения продуктивности лугов их улучшают.

При коренном улучшении естественный травостой луга уничтожают и высевают травосмесь. Для разных экологических условий подбирают разный состав трав. Например, в средней полосе европейской части России после распашки низкоурожайных лугов высевают ежу сборную, овсяницу луговую, тимофеевку луговую, лисохвост луговой, клевер луговой, люцерну. В травосмесь обычно включают 4–6 видов, половина из них – злаки, половина – бобовые. После улучшения значительно возрастает урожай сена и увеличивается пастбищная емкость. Если луг зарос кустарниками, их выкорчевывают.

Поверхностное улучшение проводят на тех лугах, в травостоях которых много ценных кормовых видов. В такой травостой подсевают несколько видов бобовых и злаков и вносят удобрения. Чтобы высеянные растения прижились, дернину частично распахивают специальными дисковыми боронами. Всходы из высеянных семян обычно появляются в образовавшихся бороздах. Если в травостое луга ценные виды (кострец безостый, овсяница луговая, ежа сборная) преобладают, то просто вносят удобрения для повышения их урожая.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются луговые экосистемы от степных, в каких условиях они формируются?
2. Чем отличается поверхностное улучшение лугов от коренного?

§ 49. ЭКОСИСТЕМЫ ТУНДРЫ

Тундры – безлесные экосистемы, расположенные севернее зоны тайги вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Севернее их на островах в океане расположены арктические пустыни с разреженным растительным покровом.

Количество осадков в тундре от западных границ России до Чукотки меняется от 500 до 200 мм в год, т.е. в азиатской части России тундра получает осадков не больше, чем пустыня. Однако за счет многолетней мерзлоты грунтов, которые в самое теплое время года оттаивают лишь на глубину 30–90 см, и укороченного вегетационного сезона – зима длится 8–9 месяцев (а в это время испарение очень незначительно) тундры относятся к переувлажненным экосистемам. Над многолетней мерзлотой расположен тонкий слой торфянистой почвы со слабо разложившимися растительными остатками. В азиатских тундрах чередуются пятна торфянистых почв и участков, где жидкая грязь под влиянием мерзлотных явлений через трещины выплеснулась на поверхность.

Продуктивность тундровых экосистем низкая, как и у пустынь, но за счет обширности территории (около 1/8 площади России) они дают значительное количество вторичной биологической продукции. Главное богатство тундры – северные олени (зимой они откочевывают в зону тайги) и песцы, питающиеся мелкими грызунами – леммингами (рис. 78).

Растительный покров тундры сформирован осоками, мхами, низкими кустарниками – карликовыми формами ив и берез, голубикой, морошкой. На более сухих участках много лишайников, которыми кормятся северные олени.

Экологическое равновесие в значительной части тундровых экосистем нарушено в результате промышленного освоения этих регионов (добыча нефти и газа). Особенно пострадали экосистемы полуострова Ямал. Добыча нефти и газа сопровождается строительством дорог, которые нарушают гидрологический режим тундры и служат преградой для естественных миграций диких оленей. Большой вред наносят многочисленные проходы гусеничной техники непосредственно по тундре. При этом уничтожается растительный покров и оголяются почвы, которые благодаря темной окраске сильно нагреваются солнцем, что ведет к таянию расположенной ниже их многолетней мерзлоты. Для восстановления таких нарушенных участков требуются десятки лет.

При добыче и транспортировке нефти нередко происходят аварии, ее утечка наносит большой вред тундровым экосистемам.

Разведение крупных стад домашних оленей, насчитывающих многие тысячи голов, также отрицательно сказывается на экосистемах тундры. После того как по тундре проходит такая «армада» домашних животных, растительность сильно нарушается и ее восстановление, как и при промышленных нарушениях, требует длительного времени. Стада же диких оленей, особенно если не уничтожены контролирующие их плотность волки, хорошо вписываются в тундровые экосистемы. В одном таком стаде не бывает более нескольких десятков голов, олени перемещаются по тундре, равномерно поедая ее растительность. В будущем поголовье домашних оленей будет сокращаться, а поголовье диких – расти. Человек будет наблюдать за плотностью популяций оленя и периодически отстреливать часть животных, не превышая максимально допустимую долю изъятия.

Будущее тундры зависит от возможности прекращения антиэкологических способов добычи нефти и газа и восстановления экосистем, нарушенных производственной деятельностью человека. Опыт добычи нефти на Аляске показал, что и в тундре можно извлекать из недр нефть или газ, не нанося большого ущерба природе. Разработаны специальные методы восстановления (рекультивации) нарушенных земель путем покрытия их тонким слоем почвы и высева растений, хорошо приспособленных к климату тундры.

Южнее тундры расположена лесотундра. Биологическая продуктивность ее экосистем несколько выше, но в целом они также легко ранимы, требуют щадящего режима использования. Чем ниже продуктивность экосистемы, тем труднее она восстанавливается после нарушений.

Контрольные вопросы

1. В чем особенности тундровых экосистем?
2. Какой вред тундрам наносит добыча нефти и газа?
3. Какие преимущества для тундровой экосистемы имеет дикий олень над домашним?

Справочный материал

Под влиянием разработки газовых и нефтяных месторождений площадь оленьих пастбищ только в европейской части России сократилась за последние годы на 3,6 млн. га, а на Тюменском Севере – на 7,2 млн. га. Более чем в 2 раза упало

производство оленьего мяса, которое не только употребляли жители тундры, но и поставляли в другие районы России.

В озерах тундры и лесотундры раньше добывали 18,5 тыс. т рыбы в год; загрязнение практически лишило их рыбы. Подсчитано, что стоимость добытой нефти ниже, чем стоимость загубленных экосистем.

Достаточно гусеничному трактору проехать по тундре, как его след вначале превращается в лужу, а затем в канаву. Расчищенная от мха площадка может стать озером. Причины этих нарушений – изменение температурного режима почвы и вытаивание многолетней мерзлоты, которую защищал от солнечного света моховой покров.

§ 50. ЭКОСИСТЕМЫ ПУСТЫНЬ

Экосистемы *пустынь*, как и экосистемы тундр, имеют низкую биологическую продуктивность, их обширные территории занимают южную часть СНГ – равнинные районы Средней Азии (Узбекистана, Туркменистана, Казахстана), а также Прикаспийскую низменность (Россия, Азербайджан). Пустыни формируются в условиях сильного стресса засухи при годовом количестве осадков ниже 200 мм в год и связаны переходной полосой полупустынь со степной зоной. В полупустынях количество осадков несколько больше и может достигать 200–250 мм, их примером являются экосистемы Прикаспия.

Почвы пустынь – малогумусные сероземы (содержание органического вещества не более 1%). Значительная часть пустынь лишена почв и покрыта песчаными барханами или каменистыми россыпями с характерным черным «загаром». Встречаются в пустынях и содовые «пухлые» солончаки с почвой, покрытой слоем соли толщиной в несколько сантиметров.

В составе экосистем пустынь – особые виды организмов со стратегией «верблюдов», которые приспособлены к условиям крайней сухости и высоких температур в летние месяцы и низких – в зимние. Среди растений преобладают невысокие деревья и кустарники (два вида саксаула, виды полыней, чогон), полукустарники, у которых молодые побеги не одревесневают (терескен, различные виды солянок, кохия), кустарнички. Большую роль могут играть однолетние солянки и растения-эфемеры (виды костра, мятлика, ячменя и др.), которые развиваются после дождей и успевают пройти весь вегетационный цикл вплоть до образования семян за три недели.

Пустыни – районы развития пастбищного скотоводства – овцеводства и верблюдоводства. Если выпас отсутствует, то поверхность почв (супесчаных и песчаных) может покрываться плотной коркой из водорослей и пустынных мхов, что снижает продуктивность экосистемы. Поэтому умеренный выпас для пустынь также необходим, как и для экосистем степей или саванн. Однако при сильном выпасе растительный покров нарушается и, если почвы песчаные, может усилиться перенос песка ветром (так называемый эоловый процесс).

При орошении в пустынях выращиваются такие важные культуры, как хлопчатник и рис, что требует большого отъема воды от рек. Если водозабор превышает допустимый норматив, реки усыхают. Результат этого вида нарушений пустынных экосистем – усыхание Арала.

Под влиянием хозяйственной деятельности человека пустыни наступают на полупустыни и даже на южную часть степной зоны. Этот процесс называется *опустыниванием*. Он опасен, так как после того как сформируется экосистема такой антропогенной пустыни, оказывается практически невозможным восстановить уничтоженную более продуктивную растительность. Этот пагубный процесс уже резко ухудшил ситуацию с обеспечением овцеводства кормами в Калмыкии, в южной части Астраханской области и в Казахстане.

Таким образом, рациональное использование экосистем пустынь требует очень строгого экологического контроля всех форм воздействия человека – доли поливной пашни и водозабора поливной воды из рек, пастбищных нагрузок и т.д. Опасными могут быть промышленные нарушения пустынных экосистем при добыче там нефти и газа.

Контрольные вопросы

1. Какие экологические особенности характерны для растений пустынь?
2. Как используются экосистемы пустынь человеком?
3. Почему экосистемы пустынь легко ранимы?

Справочный материал

Пустынные многолетники имеют разветвленные и глубокие корневые системы, которые по биомассе могут в 100 раз превышать надземную часть растений. За счет этих корневых систем растения обеспечивают себя влагой, собирая ее из всего

корнеобитаемого слоя. Есть виды, которые достигают корнями грунтовых вод на глубине 8–10 м.

Интересен опыт сухого земледелия в пустынях. Под руководством туркменского академика Н.Т. Нечаевой разработан уникальный метод создания «агропустынь» – многовидовых сообществ из местных видов кустарников, полукустарников, кустарничков и трав. Обычно эти виды встречаются в разных пустынных сообществах, но в «агропустынях» они растут вместе за счет дифференциации экологических ниш. В результате резко повышается продуктивность «агропустынь» по сравнению с естественными пустынными пастбищами. Такие искусственные пастбища не требуют полива, удобрений, пестицидов и при умеренных пастбищных нагрузках могут служить 20–25 лет.

§ 51. ГОРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Горы занимают значительные площади суши. На территории России расположены такие крупные горные системы, как, Кавказ, Урал, Копет-Даг, Памир, Тянь-Шань, Алтай, Сихотэ-Алинь, Саяны и др. Горные экосистемы – важнейший фактор формирования климата, так как они служат естественными преградами при перемещении больших воздушных масс и облаков, несущих дожди. Вершины высоких гор покрыты вечными льдами, и эти ледники являются важнейшим источником воды для питания рек, сбегаящих с гор.

Особенностью *горных экосистем* является высокое биологическое разнообразие за счет вертикальной поясности (79). Элементы вертикальной поясности в разных горных системах разные и определяются их высотой и климатом. На Кавказе широко представлены буковые леса в лесном поясе и альпийские луга и лишайниковые пустоши в высокогорьях. В горных системах Южной Сибири и Центральной Азии широколиственных лесов нет, и лесной пояс представлен лиственничниками, зарослями грецкого ореха, редколесьями из арчи (можжевельника). Выше пояса леса в этих горах расположены особые сообщества растений-подушек с плотно сближенными короткими побегами.

В любой горной системе богатство флоры и фауны в несколько раз выше, чем на окружающей равнине. Кроме того, в составе растительного и животного населения гор много видов-*эндемиков*, т. е. имеющих малые ареалы (области распространения), обычно ограничивающиеся одной горной системой или ее частью.

Все горные экосистемы обладают низкой устойчивостью к режиму хозяйственного использования. В высокогорном поясе их

уязвимость экосистем к хозяйственному воздействию человека, включая и влияние рекреации, связана с низкой биологической продуктивностью сформировавшихся там сообществ. В среднегорном поясе она связана с опасностью эрозии почв. Почвы могут разрушаться при распашке склонов, сведении лесов и интенсивном выпасе.

В результате хозяйственного использования снижается верхняя и повышается нижняя граница лесного пояса, а по южным склонам лес может полностью исчезнуть и замениться травяной растительностью. Под влиянием человека возможно развитие селей и сход снежных лавин.

Горные экосистемы требуют самого щадящего режима использования или полного заповедования. Большая часть горных систем США, Швейцарии, ФРГ, Австрии, Италии и Испании превращена в национальные парки и заповедники. Целый ряд заповедников создан на горных территориях нашей страны (Кавказский, Сихотэ-Алинский, Саяно-Шушенский, Южно-Уральский и др.). В будущем России предстоит увеличить площадь заповедников и национальных парков в горных экосистемах. При этом необходим строгий контроль в зонах их рекреационного использования, так как туризм (и даже горнолыжный спорт) может вызвать необратимые изменения горных экосистем – хранителей климата, пресной воды и биологического разнообразия.

Контрольные вопросы

1. Почему горные экосистемы имеют высокое биологическое разнообразие?
2. Какие отрицательные влияния на горные экосистемы оказывает хозяйственная деятельность человека?
3. Приведите примеры заповедников, в которых охраняются горные экосистемы.

§ 52. БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Болотами называются участки суши, которые постоянно или большую часть года переувлажнены, и потому в болотных экосистемах образуется детрит в виде торфа. На болотах растут мхи, травы, кустарники и деревья, приспособившиеся к условиям переувлажнения. (Рис. 80, 81, 82, 83.)

Общая площадь болот в России составляет около 6% территории. Распространены они в основном в лесной зоне, хотя по речным поймам проникают в лесостепную и даже степную зоны. Самые обширные болота – в Западно-Сибирской низменности. В

недалеком прошлом болот было больше, но их осушили. В Нечерноземье это позволило создать новые гектары продуктивных лугов и пашни. Тем не менее результаты осушения во многих случаях, особенно в лесостепи, неудачны. На полях, созданных на месте торфяников, урожаи трав и овощей низкие. В то же время осушение неблагоприятно сказывается на состоянии природы.

Болота играют важную роль как регуляторы гидрологического режима территории. В период избытка влаги – в осеннее ненастье и когда тают снега, – болота накапливают воду, а в сухое время года постепенно отдают ее ручьям, которые, сбегая в реки, поддерживают их водность. Болота – санитары сельскохозяйственных экосистем. Стекающая в них вода содержит удобрения, остатки пестицидов, разлитые нефтепродукты, навозные стоки, а вытекающие из болота ручьи полностью очищены от этих примесей.

Кроме того, на болотах живут многие ценные промысловые животные, такие, как ондатра, заяц-беляк, лось, гнездятся и кормятся утки и кулики.

Залежи торфа на болотах иногда достигают пятиметровой толщины, и часть его можно использовать как ценное органическое удобрение. Однако, как и при осушении, при организации торфоразработок нужно учитывать, что экономическая выгода может оказаться меньше вреда, который принесет ухудшение водного режима территории. Главная польза от болот – сохранение воды и улучшение ее качества.

Во многих районах России осушение болот запрещено, т.к. невысокий доход от осушенных земель не идет в сравнение с убытком, который наносится природе, и в первую очередь – гидрологическому режиму ландшафтов. Осушение крупных массивов болот, кроме того, вносит свой вклад в формирование парникового эффекта: если нормально функционирующее болото в своем торфе связывает углерод, то осушение болот в большинстве случаев ведет к минерализации торфа и выделению в атмосферу большого количества углекислого газа.

Контрольные вопросы

1. Какова главная особенность болотных экосистем?
2. В чем экологическое значение болот?
1. Выгодно ли осушение болот?

§ 53. ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Пресноводные экосистемы снабжают водой города, села, промышленные объекты. В реках и озерах водятся ценные виды рыб. В прудах разводят рыбу (каarp, толстолобик).

Как и другие естественные экосистемы, пресноводные экосистемы России испытывают сильное влияние человека: они загрязняются и истощаются в результате больших водозаборов, которые не компенсируются поступлением в водоемы воды с осадками и грунтовыми водами.

Во многих пресноводных экосистемах России сложилась тяжелая экологическая ситуация, например, в густо населенном бассейне Волги, где на 8% территории России проживает 42% населения страны. Реки этого бассейна, и в первую очередь сама Волга, испытывают влияние гидротехнических сооружений, которых только на Волге и Каме – 14 (самое крупное – Куйбышевское водохранилище), и выбросов большого числа предприятий в городах, расположенных на Волге и ее притоках. Загрязняют Волгу и сельскохозяйственные стоки, в которых растворены удобрения и пестициды. В итоге – падает качество воды в великой реке, гибнет некогда знаменитое стадо осетровых рыб.

В сложном положении находится и экосистема самого большого озера Европы – Ладожского, воды которого питают Неву и Санкт-Петербург. В это озеро с некогда чистой водой и богатыми запасами рыбы сбрасывают свои отходы 290 предприятий, воды озера эвтрофицированы, содержание питательных элементов повышено в 20–30 раз. Страдает от промышленного загрязнения и озеро Байкал, в который сбрасывает ядовитые стоки крупный целлюлозно-бумажный комбинат.

Исправить экологическую ситуацию в водоемах России нелегко. Например, в ближайшие десятилетия невозможно спустить водохранилища Волжского каскада – это потребует огромных вложений, в первую очередь для развития транспорта. Сегодня по Волге ходят морские суда, которые не смогут пройти по обмелевшему фарватеру, и его придется искусственно углублять. Потребуются и новые железнодорожные линии и многие тысячи дополнительных вагонов. Придется возместить энергосистеме России потерю от прекращения работы волжских ГЭС и построить несколько крупных теплоэлектростанций, а запасы топлива ограничены. Наконец, на дне водохранилищ скопилась огромная масса токсичных отходов. Преобразовать дно в плодородные земли будет далеко не простым делом.

Главное для спасения экосистемы водоемов (и Волги тоже) – это внедрение оборотной системы водопользования в промышленности, когда вода для нужд предприятия используется

множественно: после очистки или охлаждения включается в производственные процессы повторно. Резкое сокращение токсичных сбросов возможно также, если будет изменена технология и усовершенствована система доочистки сбрасываемых в водоемы промышленных вод. Опыт восстановления экосистем Рейна и Темзы показывает, что это вполне реально.

Спасение Ладожского озера и Байкала также не в закрытии расположенных на их берегах предприятий по производству целлюлозы, а в изменении технологии. Финская промышленность доказала, что производство бумаги может и не сопровождаться загрязнением среды.

Водные экосистемы – станции для обитания промысловых животных – рыб и птиц. В последние годы благодаря интенсивному лову (в первую очередь – браконьерскому, то есть не согласованному с экологическими нормативами предельно допустимого вылова разных видов рыбы) количество ценных видов рыбы значительно снизилось. Особенно страдает популяция осетровых рыб Волги, Урала, Дона, Оби, Лены.

Контрольные вопросы

1. Какие основные нарушения водных экосистем происходят при их хозяйственном использовании?
2. В чем сложность экологической ситуации в бассейне Волги и как можно ее улучшить?
3. Что угрожает водным экосистемам Ладожского озера и Байкала?

Справочный материал

Главный потребитель воды в мире – сельское хозяйство. Оно потребляет 70% всей используемой человеком воды. В России – основной потребитель пресной воды – промышленность.

В промышленности потребителями воды являются практически все отрасли, особенно много ее расходуют тепловые и атомные электростанции. На производство 1 т хлопчатобумажной ткани требуется 250 м³ воды, синтетической ткани – 5000, синтетического каучука – 2000, никеля – 4000, чугуна – 200 м³. В России преобладает однократное использование воды предприятиями, что усугубляет ее дефицит. В США преобладают оборотные системы водопотребления. Там каждый кубометр пресной воды, прежде чем вернуться в водоем, используется в среднем 9 раз, к концу столетия оборотность должна достигнуть 17 раз.

Норма отъема речного стока не должна превышать $1/25$, а из Волги забирается $1/6$ часть воды.

Пример трагических последствий значительного превышения допустимого водозабора из рек – судьба Аральского моря. Из Амударьи и Сырдарьи, которые питают это большое озеро с соленой водой, забиралось слишком много воды на орошение, и это послужило одной из причин того, что Арал начал усыхать. Уровень воды упал на 14 м, а площадь его водного зеркала сократилась в 2 раза. На месте дна моря появились безжизненные равнины, покрытые толстым слоем соли. С этих равнин ежегодно поднимается в атмосферу до 75 млн. т соли, которая достигает ледников Тянь-Шаня и Памира и ускоряет их таяние. Следы аральской соли обнаружены даже в Северном Ледовитом океане, а ее серьезное влияние будет испытывать значительная часть южных районов России. Крайне сложно исправить сложившуюся ситуацию, так как для перекрытия убытка моря-озера нужны многие тысячи кубических километров воды. Арал, как и Чернобыль, – страшные последствия экологической безграмотности и бесхозяйственности.

В России более двух миллионов малых рек, значительная часть их уже погибла или гибнет, Подмосковье за последние 130 лет лишилось 20% малых рек. Только в Москве закопано и заключено в трубы 80 речек, а оставшиеся 36 доживают свой век.

С 1950 г. по 1986 г. в мире было построено около 36 тысяч крупных плотин (выше 15 м), половина из них – в Китае. В результате водохранилища мира сейчас содержат 3500 км^3 воды, примерно столько же потребляется в мире в год. В бассейне реки Колорадо построено 333 водохранилища, 345 дамб, 30 тыс. км основных каналов и 70 тыс. км боковых каналов, 198 насосных станций и 50 ГЭС. В результате на 1 км течения реки приходится 30 км каналов.

Водные экосистемы играют важную рекреационную роль, их использование нормируется так же, как количество посещений отдыхающими леса. На 1 га водной поверхности должно быть не более 5–10 весельных лодок, а на одну моторную или парусную лодку необходимо 1,5–8 га. Одному купающемуся необходимо выделить от 4 до 25 м^2 водной поверхности, 20–40 м^2 пляжа и 300 м^2 прилегающей к пляжу прибрежной территории. Если эти нагрузки превышать, то водная экосистема начнет разрушаться.

Загрязняет водные экосистемы и речной транспорт. На озере Байкал, например, плавают 400 судов разного размера, они сбрасывают в воду около 8 т нефтепродуктов в год.

§ 54. МОРСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Морские экосистемы играют огромную роль в жизни человека: через них пролегают транспортные пути, связывающие различные страны и их регионы (в России они особенно важны для районов Крайнего Севера). В морях добывают рыбу, составляющую важную статью в питании, а также другие дары моря: кальмары, крабы, креветки. В мелководных районах (на шельфе) северных морей открыты месторождения нефти и газа, которые в скором времени начнут разрабатывать и в России.

Морские экосистемы принципиально не отличаются от пресноводных, и в них основной продуцент – микроскопический фитопланктон, хотя в Белом море и особенно в морях Тихого океана обильно развиваются крупные морские водоросли, в том числе ламинария, которую называют морской капустой. (Рис. 84.) Цветковых растений в морях мало (на отмелях встречается zostера морская и некоторые другие морские травы).

Время жизни одноклеточных водорослей очень непродолжительно, и в биомассе морских экосистем преобладают гетеротрофы, которые поедают фитопланктон и живут дольше. Как и в пресноводных экосистемах, продуктивность морских экосистем выше, чем запас биомассы. По продуктивности морские экосистемы сходны с пустынями. Особенно низка продуктивность морей Северного Ледовитого океана.

Как и пресноводные, морские экосистемы испытывают сильное влияние хозяйственной деятельности человека. Главные факторы, нарушающие экологическое равновесие, – это загрязнение и чрезмерный (к тому же часто проводимый тяжелыми тралами, нарушающими бентосную часть экосистемы) вылов рыбы и других морепродуктов. Поскольку эффектом самоочищения обладают лишь пограничные слои воды, составляющие не более 2–3% объема мирового океана, его экосистемы уже не в состоянии справиться с загрязнением, вызывающим их деградацию.

Моря РФ по степени загрязнения располагаются по убывающей в следующий ряд: Азовское – Черное – Каспийское – Балтийское – Японское – Баренцево – Охотское – Белое – Море Лаптевых – Карское – Восточно-Сибирское – Берингово – Чукотское.

Контроль загрязнения морей осложняется быстрым перемещением океанических вод течениями, что делает все государственные морские границы весьма условными. Как писал Тур Хейердал, «...государства могут делить между собой сушу, но

не океан, который всегда в движении... и вечно будет всеобщим и неделимым богатством всего человечества».

Для спасения морских экосистем необходимо резко снизить их загрязнение (для этого принимают меры: в приморских городах строят более надежные очистные сооружения, запрещено мытье танкеров в открытом море), контролировать лов рыбы, использовать легкие тралы.

Контрольные вопросы

1. Продуктивны ли морские экосистемы?
2. Почему в морских экосистемах биомасса гетеротрофов (консументов) больше биомассы продуцентов?
3. Как влияет на морские экосистемы загрязнение?
4. К чему приводит превышение допустимых норм вылова рыбы?
5. Какие меры принимают для охраны морских экосистем и их обитателей?

Справочный материал

Уловы морской рыбы в России за время реформ сократились в два раза (с 8 до 4 тыс. т), что связано не столько с истощением рыбных ресурсов, сколько с уменьшением количества промысловых судов в два раза и с увеличением доли лова лососевых рыб и крабов, которые пользуются высоким спросом на мировом рынке (до этого основными объектами промысла были минтай и мойва).

В морских экосистемах начиная с 60-х годов превышались нормативы вылова рыбы, что особенно пагубно сказывалось на низкопродуктивных экосистемах северных морей. Настоящая экологическая катастрофа разразилась в Баренцевом море, где в 60-е годы было выловлено много трески и сельди. Когда уловы этих видов рыб снизились, рыбаки начали лов мойвы и сайки. Вылов этой мелкой рыбы, которая служит пищей трески, сельди и морских птиц (чаек и кайр), окончательно подорвал продуктивность популяций сельди и трески и привел к снижению численности птиц. Исчезли птичьи базары. От чрезмерной добычи пострадала и популяция гренландского тюленя в северных морях.

В 30-50-х гг. широко проводились работы по акклиматизации видов рыб и беспозвоночных, которые являются кормом для рыбы. В Каспийское море успешно акклиматизирована черноморская кефаль двух видов, в Аральское – каспийская севрюга. Из Азовского моря в Каспий были успешно акклиматизированы

один из видов многощетинковых червей и один вид моллюска. В 1956 г. на побережье Мурмана была успешно акклиматизирована дальневосточная горбуша, однако попытки акклиматизировать там камчатского краба дали неожиданный результат: он переместился и размножился в более теплых водах Норвежского моря, где теперь успешно промышляется норвежскими рыбаками.

В Мировой океан сброшено около 20 млрд. т мусора – от бытовых стоков до радиоактивных отходов. Каждый год на каждый 1 км² водной поверхности добавляют еще по 17 т мусора.

Ежегодно в океан выливается более 10 млн. т нефти, которая образует пленку, покрывающую 10–15% его поверхности; а 5 г нефтепродуктов достаточно, чтобы затянуть пленкой 50 м² водной поверхности. Эта пленка не только уменьшает испарение и поглощение диоксида углерода, но и вызывает кислородное голодание и гибель икры и молоди рыб.

Часть поверхности Черного, Азовского и Каспийского морей покрыта нефтяной пленкой. Эти моря, кроме того, загрязняются остатками удобрений и пестицидов, которые приносят впадающие в них реки. Неблагоприятное экологическое состояние Черного моря усугубляется высоким содержанием сероводорода, который образуется в морских глубинах и делает их безжизненными. Обедняются фауна и флора верхней части толщи воды и прибрежной зоны. Гибнут мидии, которых называют «почками моря» (потому что они фильтруют воду). Густые заросли полезных водорослей (особенно филофоры), занимавшие раньше более 10 тыс. км² на северо-западном шельфе, теперь сохранились лишь на 1/10 этой территории.

В Балтийском море концентрация нефтепродуктов в 10 раз выше средней в мировом океане. Особенно сильно загрязнен Финский залив. Аналогично в Японском море сильно загрязнен залив Петра Великого.

Моря Северного Ледовитого океана загрязнены слабее, один из основных источников загрязнения – Северо-Атлантическое течение, которое переносит загрязненные воды от побережий промышленно развитых стран Западной Европы. Однако низкая температура воды и малая биологическая продуктивность этих морей мешают быстро избавиться от загрязнения. Нефть, не разлагаясь, может сохраняться там до 50 лет. В более теплых водах морей Тихого океана процесс разложения нефти и других промышленных загрязняющих веществ происходит быстрее.

Суда и при нормальной работе загрязняют Мировой океан, а аварии танкеров, когда в воду выливается огромное количество нефти, становятся настоящими экологическими катастрофами. В

1989 г. в водах Аляски потерпел аварию танкер, из которого вылилось в океан 40 тыс. т нефти. Ликвидация последствий обошлась в 2 млрд. долл., в работах участвовало 1400 судов, 85 самолетов и 12 тысяч человек.

На морских экосистемах также сказывается воздействие теплового загрязнения. Так, экосистема Копорской губы Финского залива страдает от теплового загрязнения из-за Ленинградской АЭС. Это загрязнение усилило процесс эвтрофикации экосистемы, зеленые водоросли в значительной мере сменились цианобактериями, обеднился состав рыбной фауны (резко уменьшилась плотность популяций салаки, теперь больше вылавливают мелкую колюшку). При строительстве АЭС на побережьях необходимо учитывать их будущее воздействие, в том числе и тепловое, на морские экосистемы. Крупные АЭС опасны для морских экосистем.

Серьезно нарушено экологическое равновесие Северного моря. Европейские страны (особенно ФРГ) сбрасывают в него свои стоки. Это привело к бурному росту в 1988 г. водоросли хризомулина полилепис («водоросль-убийца»), выделяющей токсины и закупоривающей дыхательные пути. Ее жертвами стали тысячи тонн рыбы.

Повышается уровень загрязнения Средиземного моря, которое древние римляне называли «Маре нострум» («наше море»). По ироничным оценкам современных экологов, оно превратилось в «море-монстр», не справляющееся с огромным потоком грязи, которую несут в него Рона из Франции, По из Италии, Нил из Египта. В будущем положение может еще более ухудшиться. К 2025 г. прогнозируется удвоение населения приморских стран, повышение интенсивности туристского потока в 2,5 раза, увеличение автомобильного парка стран Северной Африки в 13 раз. Все это дало основание Жаку Кусто называть Средиземное море «морем без надежды»: узкий Гибралтарский пролив и еще более узкий Суэцкий канал не могут обеспечить обмен вод Средиземноморья с мировым океаном.

В Мраморное море сбрасывает бытовые стоки девятимиллионный Стамбул. В результате этот водоем, служивший некогда нерестилищем для рыбы Черного моря, превращается в зловонное болото, поверхность которого покрыта экскрементами и нефтяными пятнами.

В 1993 г. проведена международная акция по очистке морских побережий от твердых отходов. Около 160 тысяч добровольцев в 33 странах мира «прочесали» более 8 тыс. км берегов. Они собрали почти 5,5 млн. предметов, выброшенных

людьми в море, а морем – на берег. 58,8% собранного составляют предметы из пластмасс; 16,8% (около 900 тыс. шт.) – окурки от сигарет с фильтром; 12,7% – бутылки и банки из-под напитков, а также пробки и крышечки от них. Рыбное снаряжение и его остатки (леска, блесны, обрывки сетей, поплавки) составляют всего 1% мусора. Но это самый опасный процент: запутавшись в обрывках лески или сетей, гибнет немало морских животных.

В Японском море созданы первые морские «фермы», на которых разводят морских моллюсков – гребешков и гигантских устриц. Начато культивирование «морского женьшеня» – трепанга и искусственное выращивание ламинарии. В тихоокеанских морях организована эффективная защита популяции редких морских животных – каланов (морских выдр) и котиков (рис. 85).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При рациональном природопользовании из экосистемы извлекают столько различной биологической продукции и сбрасывают в нее столько загрязняющих веществ, сколько не нарушит работы механизма восстановления экологического равновесия. Использовать естественные экосистемы нужно под девизом «охраняй, используя, и используй, охраняя». Объемы заготовки древесины не должны превышать ее продукции лесными экосистемами, и сама заготовка должна проводиться так, чтобы после рубки лес быстро восстанавливался естественным путем. Лесные экосистемы не должны страдать от промышленного загрязнения, пожаров, влияния отдыхающих, заготовки растительного сырья и отстрела промысловых животных выше экологического норматива.

Степные и луговые экосистемы не должны страдать от перевыпаса. Добыча нефти в тундре не должна приводить к разрушению этих хрупких экосистем с невысокой биологической продуктивностью. Пресноводные и морские экосистемы не должны загрязняться, а вылов даров моря должен укладываться в норматив, отражающий возможность их самовосстановления. Горные и болотные экосистемы целесообразно не использовать, а охранять.

К сожалению, сегодня нам приходится сталкиваться с ситуациями, когда экологическое равновесие экосистем разрушается и использование их идет по принципу «после нас – хоть потоп». Из этой главы вы узнали о проблемах, стоящих перед лесной промышленностью, перед нефтяниками, добывающими «черное золото» в тундре, перед рыбаками, ведущими промысел в морях. Было бы очень просто сказать им: «Прекратите влиять на эти

экосистемы, дайте им возможность жить по своим законам». Но это невозможно, так как и без того небогатое наше общество не сможет выжить, если резко сократится добыча древесины или нефти и окончательно пропадут с прилавков наших магазинов дары моря.

И потому в каждом разделе этой главе были описаны способы исправления возникших кризисных экологических ситуаций без превращения всех естественных экосистем в заповедники.

Природа не прочь поделиться своими богатствами с человеком. Но она наказывает его за экологические ошибки, особенно если он пытается получить от природы «сверхприбыль». Задача этой главы как раз и заключалась в том, чтобы рассказать, как можно сотрудничать с природными экосистемами, не делая серьезных ошибок.

Индивидуальное задание

Тема реферата: «Рациональное природопользование – путь к сотрудничеству человека и природы».

Рассмотрите принцип «используй, охраняя, и охраняй, используя» на примере одного или двух типов экосистем вашего района. Приведите в своем реферате также примеры неправильного природопользования и проанализируйте ошибки, которые делает при этом человек, укажите пути выхода из ситуации. Для выполнения задания можно использовать следующую литературу:

Бобров Р.В. Экзамен на лесничего. М.: Просвещение, 1990.

Ныммсалу Ф.Р. Охотничья этика. М.: Агропромиздат, 1989.

Голубое богатство. М.: Агропромиздат, 1991.

Петров В.В. Жизнь леса и человек. М.: Наука, 1985 (Серия «Человек и окружающая среда»).

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник». М.: Мысль, 1990.

Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник». М.: Просвещение, 1992.

Глава 11. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ (АГРОЭКОСИСТЕМЫ)

Вопросы рационального природопользования в сельском хозяйстве изучает *сельскохозяйственная экология*, или *агроэкология* (от греческого слова агрос – поле). Ее рекомендации позволяют сочетать получение высоких урожаев на полях и выхода

животноводческой продукции с сохранением плодородия почв и продуктивности сенокосов и пастбищ. В правильно организованном хозяйстве производят экологически чистые продукты и не загрязняют атмосферу и воду. В итоге агроэкология помогает сохранять не только природу, но и здоровье человека.

§ 55. СОСТАВ И СТРУКТУРА АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Агроэкосистемы – это сельскохозяйственные предприятия, типичные социоприродные экосистемы, которые формирует человек, исходя из своих интересов, но за счет использования организмов, созданных самой природой (хотя и измененных им в процессе искусственного отбора).

Агроэкосистемы автотрофны: основным источником энергии для них служит Солнце. Дополнительная (антропогенная) энергия, которую использует человек при обработке почвы и которая затрачена на производство тракторов, удобрений, пестицидов и т.д., не превышает 1% от солнечной энергии, усваиваемой агроэкосистемой.

Как и естественная экосистема, агроэкосистема состоит из организмов трех основных трофических групп: продуцентов, консументов и редуцентов.

Продуценты в агроэкосистеме – культурные растения, травы сенокосов и пастбищ, деревья садов, лесопосадок и естественных лесов, входящих в ее состав. Продуцентами являются также спутники культурных растений – сорняки.

Консументы в агроэкосистеме – человек и сельскохозяйственные животные. К консументам относятся также вредители полевых культур (от насекомых до сусликов и хомяков), паразиты (часто опасные для сельскохозяйственных животных), полезные насекомые (хищные и опылители), птицы, организмы-симбиотрофы (микоризные грибы и бактерии-азотфиксаторы).

Животные-детритофаги размельчают растительные остатки и облегчают деятельность бактерий. Особенно важна роль дождевых червей. Прошедшая через пищеварительную систему дождевого червя почва с растительными остатками склеивается в плотные комочки, что улучшает ее структуру. Эти комочки обогащаются калием, фосфором и азотом в форме соединений, доступных растениям. Кроме того, черви, прорывая ходы, разрыхляют почву и облегчают проникновение в нее корней. В хорошо унавоженной почве биомасса червей может составлять до 10–20 т на 1 га. Существуют специальные фермы, где разводят дождевых червей, которых вносят на поля для повышения урожая.

Редуценты в агроэкосистеме – это в основном бактерии. Они поддерживают плодородие почв, превращая пожнивные остатки в гумус, а гумус и вносимый на поля навоз – в более простые органические и минеральные вещества, доступные растениям. Однако среди редуцентов есть не только восстановители плодородия почв, но и его разрушители. Бактерии-нитрификаторы и денитрификаторы превращают аммонийные формы азота в нитраты, которые легко вымываются из почвы, и газообразный азот, улетающий в атмосферу.

Человек управляет структурой и функцией сельскохозяйственной экосистемы (рис. 86):

- соотношением потоков вещества и энергии по пищевым цепям «растение – скот – человек» и «растение – человек», то есть определяет специализацию хозяйства для производства животноводческой или растениеводческой продукции;

- первичной биологической продукцией путем улучшения условий для роста и развития растений и выбора таких растений и таких способов их выращивания, которые обеспечивают наибольший урожай;

- вторичной биологической продукцией – продуктивностью сельскохозяйственных животных;

- состоянием ресурсов агроэкосистемы: почвами, биоразнообразием, гидрологическим (т.е. водностью рек и озер) и гидрохимическим (качеством воды) режимами агроэкосистемы.

Человек контролирует не все живое население агроэкосистемы, часть видов проникает в неё и живет помимо (или даже вопреки) его воле. Такие живущие сами по себе виды называются *спонтанными*. Среди них – и вредители, и растения-сорняки, и полезные животные: птицы, насекомые-хищники и др.

Все компоненты агроэкосистемы тесно связаны, хотя в ней не бывает полного экологического равновесия, как в естественных экосистемах. Поддерживать равновесие в агроэкосистеме должен сам человек. Если этого не делать, происходит разрушение ее ресурсов.

Контрольные вопросы

1. Почему агроэкосистема относится к автотрофным экосистемам?
2. Как в агроэкосистеме представлены основные трофические блоки: продуценты, консументы и редуценты?
3. Приведите примеры видов, которые поселяются в агроэкосистеме помимо воли человека?

4. Какими элементами структуры и функции агроэкосистемы управляет человек?

§ 56. ПОЧВА — ГЛАВНЫЙ РЕСУРС АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Главный ресурс агроэкосистемы – почва. Ее плодородие зависит от запаса органического вещества (гумуса), содержания доступных растениям питательных элементов, структуры, обеспеченности влагой, реакции почвенного раствора, содержания в нем ионов токсичных солей.

Гумус – кладовая плодородия. Он образуется микроорганизмами-гумификаторами из остатков растений и животных. Запас гумуса зависит от мощности гумусового слоя и от процентного содержания гумуса в нем. Мощность гумусового слоя у черноземных почв может достигать 1 м, а у лесных почв (подзолистых, серых) она составляет 10–30 см. Содержание гумуса в этом слое у черноземов 6–10%, у лесных почв – 2–4%.

Другая группа микроорганизмов высвобождает из гумуса в почвенный раствор питательные элементы. Среди них различают *макроэлементы* (азот, фосфор, калий), которые требуются растениям в большом количестве, и *микроэлементы* (марганец, бор, медь, цинк и др.), которых растениям нужно немного. Все питательные элементы поглощаются из почвенного раствора корнями растений и выносятся из почвы с урожаем. Поэтому, если в почву не вносить удобрения (навоз, минеральные удобрения), то запасы элементов питания в ней иссякнут.

Азот может поступать в почву в результате жизнедеятельности микроорганизмов-симбиотрофов, свободно живущих в почве или в клубеньках на корнях бобовых. Чтобы увеличить биологическую азотфиксацию, расширяют площади посевов гороха, сои, люцерны, клевера и других многолетних и однолетних бобовых. Однако биологическая азотфиксация не всегда полностью компенсирует потери, которые понесла почва при уборке урожая. Приходится вносить навоз, содержащий много азота, или минеральные азотные удобрения.

Структура почвы – это форма и размеры комочков, на которые она распадается. Лучшая структура – мелкокомковатая. Внутри комочков складываются условия для деятельности микроорганизмов-гумификаторов, образующих гумус, а между комочками – для микроорганизмов, которые разлагают гумус до доступных растениям минеральных соединений.

На плодородие почвы влияет обеспеченность ее влагой. Урожай снижается при недостатке воды, что бывает в засушливые

годы. Особенно часты засухи в южных степных районах. В этих районах плодородие снижается и вследствие засоления почв. В почвенном растворе содержатся растворимые в воде соли (хлориды, сульфаты, сода), препятствующие росту сельскохозяйственных растений. В европейском Нечерноземье плодородие почв снижается из-за кислой реакции почвенного раствора, что затрудняет поглощение корнями элементов питания.

На рис. 87 показаны основные факторы, влияющие на плодородие почв.

При рациональном природопользовании для сохранения плодородия почв используются следующие приемы.

Борьба с эрозией – смывом или сдуванием поверхностного наиболее плодородного слоя почвы. Для этого земли на склонах засевают многолетними травами, которые образуют дернину, защищающую поверхность почвы от разрушения водой и ветром. Применяют специальные приемы обработки почвы, сохраняющие на ее поверхности часть жнивья (того, что остается на поле после скашивания однолетних культур). Обработку почвы ведут поперек склона, и каждая бороздка становится маленькой плотиной, препятствующей стеканию воды со взвешенными в ней почвенными частицами. Для предотвращения ветровой эрозии используют кулисы – полосы из высокорослых растений (подсолнечник, кукуруза), которые остаются на поле после уборки урожая. Кулисы располагают поперек направления господствующих ветров. Особый вид эрозии – образование оврагов. Для предотвращения или остановки этого процесса проводят специальные посадки леса.

Замена отвальной вспашки безотвальным рыхлением почвы. При обработке отвальным плугом почва ставится «с ног на голову»: подповерхностный слой почвы, в котором микроорганизмы-гумификаторы перерабатывают пожнивные остатки в гумус, оказывается на поверхности. Процесс образования гумуса замедляется, а его разрушение, напротив, ускоряется. На незащищенной растениями почве усиливается эрозия. Поэтому отвальную вспашку заменяют рыхлением без оборота пласта. Для этого используют специальные орудия – рыхлители (дисковые бороны, плоскорезы, щелеватели и др.). Безотвальная обработка может быть мелкой (5–10 см) и глубокой. Иногда посев проводят в жнивье без обработки (этот прием называют «нулевой» обработкой почвы).

Севооборот. Это чередование разных культур на одном поле. В состав севооборота, кроме зерновых (пшеница, рожь) или пропашных (кукуруза), включают многолетние и однолетние

бобовые травы, которые благодаря связанным с ними клубеньковым бактериям пополняют запасы азота в почве. Повышают плодородие почв и сидераты – культуры, зеленую массу которых запахивают в почву. Чередование культур облегчает борьбу с вредителями сельскохозяйственных растений, снижает засоренность полей сорными растениями.

Применение органоминеральных удобрений. При внесении минеральных удобрений, особенно в высоких дозах, активизируются микроорганизмы, разрушающие гумус, а деятельность микроорганизмов-гумификаторов подавляется. В результате запас плодородия в почве снижается. Если минеральные удобрения вносить невысокими дозами одновременно с органическими удобрениями (в первую очередь – с навозом), этого не происходит. Гумус не разрушается, а питательные вещества удобрений поступают в почвенный раствор и повышают урожай.

Сухое земледелие. Орошение, как и отвальная вспашка, подавляет жизнедеятельность микроорганизмов-гумификаторов и разрушает структуру почвы. В южных районах России орошение приводит к вторичному засолению почвы. Чтобы уменьшить площади орошаемых земель, выращивают засухоустойчивые культуры, которые могут обходиться без полива. На орошаемых землях выращивают только требовательные к влаге овощи (капусту, огурцы) или многолетние травы в степных районах. Орошение на одном участке проводят не более 2–3 лет, после чего почве дают отдых и выращивают культуры без полива.

Использование легкой сельскохозяйственной техники. Тяжелые тракторы уплотняют почву и разрушают ее структуру, и потому лучше использовать легкие колесные тракторы. Часто для их прохода создают специальную колею: при уходе за посевом (подкормка, культивация и т.д.) трактор проходит по собственному следу. При этом почва уплотняется только под колёй. Применяют также специальные широкопрофильные шины, уменьшающие давление на почву, и широкозахватные агрегаты, позволяющие обработать поле за меньшее число проходов техники. Для уменьшения числа проходов совмещают разные агрегаты – одновременно проводят рыхление почвы, посев и внесение удобрений.

Контрольные вопросы

1. Какую роль в поддержании плодородия почвы играют микроорганизмы?
2. Что такое эрозия и как можно уменьшить ее влияние на почвы?

3. Какие преимущества имеет безотвальная обработка почвы?
4. Что такое севооборот, какова его роль в поддержании плодородия почв?
5. Как можно увеличить биологическую азотфиксацию в агроэкосистеме?
6. Почему опасно применять минеральные удобрения без органических?
7. Какие приемы помогают сохранить и восстановить плодородие почвы?

Справочный материал

Сельскохозяйственная освоенность территории России составляет 13%, две трети этой территории – пашня (131,7 млн. га), площадь которой год от года сокращается. Каждый год из сельскохозяйственного использования выбывает более 1 млн. га в результате эрозии, в том числе 100 тыс. га «съедают» овраги. Ежегодно почвы России теряют более 0,6 т/ гумуса на 1 га. Из 5,9 млн. га орошаемых земель более половины вторично засолены и дают крайне низкие урожаи. Каждый четвертый гектар пашни имеет кислые почвы (в силу своей природы или из-за выпадения кислотных дождей и применения удобрений), что также снижает урожай. Сокращается площадь пашни в результате «расползания» городов», строительства дорог и промышленных объектов.

За годы реформирования положение в сельском хозяйстве России в целом ухудшилось, что во многом связано с низкими ценами на сельскохозяйственную продукцию и высокими ценами на горючее, сельскохозяйственную технику, удобрения и пестициды. Внесение органических удобрений по сравнению с 1986–1990 гг. сократилось в 2 раза, а минеральных – в 3,5 раза. В 2 раза сократились площади, на которых проводилось известкование, в 5 раз – площадь кормовых угодий, которые улучшены коренным путем. Противоэрозионных лесных насаждений также создается меньше, чем в 1990 г.

В то же время рыночные отношения дали и некоторые положительные результаты. Более оптимальной стала структура сельскохозяйственных угодий. Повсеместно из пахотного использования выведены эродированные и низкоурожайные почвы, ликвидировано избыточное поголовье скота, которое не было обеспечено своими кормами, широко распространилась более экономичная и экологичная безотвальная обработка почвы. В размещении культур более широко используют адаптивный подход

– отступила на юг пшеница и ее заместили ячмень и рожь. Прекращена практика экологически опасной и неэффективной гидромелиорации земель.

Повысилась окупаемость затрат продукцией, так как ушли в прошлое создание «кладбищ» сельскохозяйственной техники, сваливание удобрений в овраги и хранение в хозяйствах значительного количества экологически опасных пестицидов, которые не были использованы.

Все это дает повод для оптимизма: при государственной поддержке сельское хозяйство России может быстро увеличить объемы производства и полностью обеспечить продовольствием население страны.

(ДОП.) § 57. ИСТОРИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

История обработки почвы (т.е. история земледелия) такая же древняя, как и история выращивания культурных растений, и насчитывает около 10 тысяч лет. Сначала человек использовал самое примитивное орудие – *палку-копалку* из прочной древесины. Со временем у такой палки появился каменный, а затем и металлический наконечник. С развитием кузнечного дела палку сменили *мотыга* и *лопата*. Одомашнивание скота позволило человеку использовать его при тяжелом труде рыхления почвы: тягловый скот тянул такую же палку-копалку, только большего размера. Появились разные рыхлители, в нашей стране самым известным из них была русская *соха*. Все эти орудия воздействовали на почву одинаково – они не изменяли положение ее слоев, а лишь разрыхляли плотную дернину и подстилающий слой почвы.

Примерно полтора столетия назад на смену рыхлителям пришли металлические *плуги*. Вначале их тянули лошади и волы, на смену которым со временем пришли тракторы. Плуг подрезает верхний слой почвы, переворачивает его, бросает на дно борозды и засыпает. Разработаны плуги разных конструкций – простые с одним лемехом; с предплужником; с несколькими лемехами, расположенными друг над другом, и другие. Но все они ставят почву «с ног на голову».

Плужная обработка разрушает почву: ухудшает ее структуру и условия жизни для почвенных животных и микроорганизмов. Она способствует накоплению в почве запахаиваемых в нее семян сорняков, которые могут сохранять всхожесть десятки лет. При каждом новом обороте пласта семена, оказавшиеся на поверхности, прорастают и засоряют почву.оборот пласта ухудшает водный режим почвы, разрывая капилляры, по

которым влага поднимается из более глубоких слоев или просачивается с поверхности вглубь. Темная поверхность перевернутой почвы легко нагревается и испаряет много влаги, такая почва подвергается водной и ветровой эрозии.

Против обработки почвы плугом в начале столетия выступали русский агроном А. И. Овсинский и американский ученый-фермер Г. Фолкнер, и в наше время – народный академик из Курганской области Т. С. Мальцев. Многие земледельцы отказываются от обработки почвы с оборотом пласта и переходят на *безотвальную обработку*, которая в зависимости от почвы и климата различается. При минимальной обработке рыхлится верхний 3–7–сантиметровый слой почвы. При глубокой безотвальной обработке вслед за бороной, выполняющей минимальную обработку, почву рыхлит щелеватель, который прорезает щели на глубину до 60 см, что способствует накоплению осенней и весенней влаги.

В то же время преимущества безотвальной обработки проявляются не во всех природных условиях, а только при дефиците влаги в почве. Поэтому ее чаще применяют в степной зоне и в лесостепи. В Нечерноземье, где почвы подзолистые или серые лесные, безотвальную обработку чередуют с плужной вспашкой, при которой легче заделать в почву навоз и распахать дернину после уборки урожая многолетних трав.

Контрольные вопросы

1. Какие экологические преимущества имеет безотвальная обработка почвы?
2. В каких природных условиях она применяется?
3. Можно ли полностью «списать» плуг?

§ 58. ПРОЧИЕ РЕСУРСЫ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Важные ресурсы агроэкосистемы – *естественные кормовые угодья* (луга, степи, иногда болота), а также входящие в ее состав леса и водоемы. О том, как поддерживать продуктивность лугов и степей, мы уже говорили – нужно проводить поверхностное и коренное улучшение и нормировать выпас. На каждом гектаре пастбища следует содержать лишь столько животных, сколько можно прокормить, не разрушая травостой.

Болота не только аккумулируют влагу, но и поддерживают водность рек и ручьев в сухое время года. Это идеальные фильтры, задерживающие и разлагающие органические смывы с ферм, минеральные удобрения и пестициды. Река или ручей, обрамленные

заболоченной долиной шириной всего в 30–50 м, защищены от сельскохозяйственного загрязнения. Ни в коем случае нельзя пасти скот на болотах, во многих случаях не следует их осушать.

Леса поддерживают экологическое равновесие в агроэкосистеме и играют роль «зелёного каркаса». В разных природных зонах площадь леса в агроэкосистеме должна быть от 10–20% (степная зона) до 40–60% (лесная зона). Лес улучшает климат и водный баланс территории, служит пристанищем птиц и других полезных животных, включая и промысловых (зайцы, кабаны, лоси), он имеет большое эстетическое и рекреационное значение, снабжает население грибами, ягодами, лекарственными растениями.

Леса и другие элементы естественной растительности в составе агроэкосистемы (заросли кустарников по оврагам, рудеральное высокотравье по обочинам полей и дорог) следует охранять от выпаса и попадания пестицидов. Нельзя допускать в леса скот. Для обработки полей пестицидами следует применять только наземные опрыскиватели.

В экологически правильно организованных агроэкосистемах наблюдается высокое биологическое разнообразие. В них много видов растений и животных, и в том числе – птиц и насекомых-хищников, которые помогают контролировать плотность популяций вредителей. Это биологическое разнообразие – важный ресурс агроэкосистемы, который необходимо сохранить.

Контрольные вопросы

1. Какую роль играют болота в агроэкосистеме?
2. Какую роль в агроэкосистеме играют леса?
3. Какое значения для агроэкосистемы имеет высокое биологическое разнообразие?

§ 59. КОНТРОЛЬ СОРНЯКОВ, НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ

В естественных экосистемах нет проблем, связанных с вредителями, сорняками или болезнями. Плотность популяций разных организмов регулируется там за счет механизмов поддержания экологического равновесия.

В создаваемых человеком агроэкосистемах такое экологическое равновесие само по себе не формируется. В отличие от естественных экосистем, в которых совместно обитают растения десятков разных видов, человек создает одновидовые или маловидовые посевы – *агроценозы*. Выращивание культурных

растений создает условия для размножения их насекомых-вредителей, а также бактерий, грибов и вирусов, вызывающих болезни. Слабая конкурентная способность культурных растений способствует массовому развитию сорных растений.

Сорные растения, обладающие мощной корневой системой, быстро отрастают весной и перехватывают у культурных растений воду и элементы минерального питания. При массовом развитии сорняков урожай снижается. Человек вынужден применять специальные методы контроля плотности популяций сорняков, чтобы защитить культурные растения. (Рис. 88).

В то же время, если плотность популяций сорных растений невелика, они не только не снижают урожая, но даже могут принести пользу. Имея более глубокие, чем у культурных растений корни, они поднимают в пахотный слой почвы некоторые питательные элементы. При внесении минеральных удобрений сорняки запасают элементы питания в своих подземных органах, уменьшая их бесполезное вымывание из почвы. После отмирания и перегнивания сорных растений элементы питания возвращаются в почвенный раствор и улучшают условия питания культурных растений. Сорные растения – пристанища полезных насекомых-хищников.

Контроль сорных растений чаще всего осуществляют *агротехническим методом*. При этом проводят культивацию (рыхление междурядий) и осеннюю зяблевую обработку почвы. Такая обработка провоцирует прорастание семян сорных растений, и они гибнут от мороза.

Большую роль играют и *биологические методы* контроля сорняков, вредителей и болезней. Культуры с густым пологом, например, многолетние травы или озимая рожь, справляются с сорными растениями сами, а для того чтобы помочь более слабым культурным растениям выстоять в конкуренции с сорняками, используют *микогербициды* (от греческого слова *микес* – гриб) – споры грибов, поражающих определенные виды массово развивающихся и потому опасных сорняков.

Можно также использовать препараты, изготовленные на основе этих грибов. Весьма эффективны в борьбе с сорными растениями насекомые-вредители, которые выедают их цветочные почки и завязи цветков.

Для контроля многих массовых насекомых-вредителей культурных растений используют их врагов – хищников или паразитов. Хищники поедают насекомых-вредителей, а паразиты откладывают свои яйца в более крупные яйца и куколки вредителей, убивая их (рис. 89).

Селекционеры выводят устойчивые к вредителям и болезням сорта растений. Например, рожь сорта «Чулпан» устойчива к стеблевым паразитам – личинкам мух: не смотря на то, что у части побегов, поврежденных этими паразитами, не образуется колосьев, урожай не снижается – более крупные колосья формируются на здоровых побегах. Новая культура тритикале (гибрид пшеницы и ржи) не боится ржавчинных грибов, которые очень вредят ржи. В тех случаях, когда сорные растения не удается контролировать агротехническими и биологическими методами, применяют *гербициды*. Гербициды нового поколения используют в невысоких дозах, они быстро разлагаются после применения и не загрязняют ни почвы, ни продукты питания.

У всех культурных растений есть «запас прочности», они легко переносят небольшие повреждения. Если часть листьев съедена, урожай может даже увеличиться, так как сохранившиеся листья получают больше света и диоксида углерода и фотосинтез пойдет активнее. Травостой будет вентилироваться, и на растениях не поселятся паразитные ржавчинные грибы.

Агроэкологи стремятся сформировать в агроэкосистемах подобие экологического равновесия в естественных экосистемах (рис. 90). Взаимоотношения между растениями и животными называются при этом *системой полезных симбиотических связей*. Главные звенья такой системы – хищные насекомые и насекомоядные птицы. Для их размножения в агроэкосистеме сохраняют (или создают) убежища: небольшие перелески, овражки, лесные полосы, заросшие высокими травами обочины дорог и полей.

Введение системы севооборотов защищает культурные растения от массового размножения вредителей. Включение в севооборот, к примеру, рапса ухудшает условия для развития вредителей пшеницы или гороха.

Контрольные вопросы

1. Почему важно охранять биологическое разнообразие в агроэкосистемах?
2. Что такое контроль плотности популяций сорных растений, какими методами его осуществляют?
3. В чем преимущества биологических методов контроля сорняков?
4. Расскажите о положительных и отрицательных сторонах химических мер контроля сорных растений, вредителей и болезней.
5. Можно ли в ходе селекции повысить устойчивость культурных растений к сорнякам, вредителям и болезням?

6. Между какими элементами агроэкосистемы возможно экологическое равновесие?

7. Что такое система полезных симбиотических связей?

Справочный материал

В настоящее время для контроля насекомых-вредителей используют 300 видов «врагов наших врагов», однако с их помощью можно снизить плотность популяций лишь 150–200 вредных видов, общее же число видов-вредителей на полях мира приближается к 10 тысячам.

Для борьбы с вредителями растений используют мушку из рода трихограмма. Эти крохотные насекомые с размером тела от 0,2 до 0,9 мм, как наездники, садятся на яйцо насекомого-вредителя, протыкают его и откладывают внутрь свое яичко. Одна такая мушка заражает 25—150 яиц, внутри которых развиваются личинки, губящие хозяина.

Биологические методы контроля вредителей предусматривают использование не только насекомых, но и птиц. Одна семья перепелов, поселившаяся на поле сахарной свеклы, способна очистить 10 га культуры от свекловичного долгоносика. В агроэкосистеме с лесополосами и естественными перелесками птицы могут контролировать до 70% насекомых-вредителей.

В 80-е годы прошлого столетия цитрусовые плантации Калифорнии практически полностью погибли из-за завезенного из Австралии вредителя червеца. Пришлось завозить из Австралии и естественного врага червеца – хищного жука родолию, родственника нашей божьей коврижки (рис. 91). Через несколько месяцев после того, как на плантации было выпущено 10 тыс. родолий (129 привезенных жуков размножили в лаборатории), с червцом было практически покончено. Родолия эффективно контролировала плотность червцов, пока плантации не начали обрабатывать препаратом ДДТ. Все родолии погибли, и неуязвимый для ДДТ вредитель вновь стал бичом цитрусовых. Опыт использования родолий остается одним из самых наглядных примеров успешного применения биологического метода.

(ДОП.) § 60. ИСТОРИЯ СЕВООБОРОТОВ

Существует предположение, что земледелие началось в горах и лишь потом постепенно спустилось в речные долины. Много позже оно охватило лесную зону и, наконец, когда у человека появился опыт обработки почвы с использованием тягловой силы

животных, наступил черед распашки степей. Но где бы человек ни пахал почвы, вплоть до начала XVIII в. (в некоторых малозалесенных районах еще позже) подход к использованию земли был одинаковым: распахав участок и посеяв на нем ячмень или пшеницу (в Европе), кукурузу или картофель (в Америке), через несколько лет человек забрасывал его и осваивал новый. Ведь на использовавшейся несколько лет подряд пашне урожай падал и посевы сильно засорялись. На брошенном участке возобновлялась естественная растительность и восстанавливалось плодородие почв. Через 10—20 лет этот участок можно было использовать вновь.

Из ранних систем земледелия наиболее известна *подсечно-огневая* (в лесной зоне; там лес вначале подсекали – надрубали кору, подсушивали и затем сжигали) и *залежно-переложная* (в степной зоне; там на заброшенной пашне восстанавливались естественные степи), для которых было характерно чередование стадии пашни и естественной растительности. Эти агроэкосистемы были самовосстанавливающимися – израненную плугом почву периодически залечивала естественная растительность.

Население Земли росло, потребность в пище соответственно увеличивалась. Доля пашни в агроэкосистеме возрастала, а доля естественной растительности уменьшалась. Когда способность растительности восстанавливать почву иссякла, пришлось заменять древние системы земледелия севооборотами. В севооборотах *почворазрушающие культуры*, такие, как ячмень, пшеница, рожь, кукуруза, подсолнечник и др., чередуются с почвоулучшающими – горохом, соей, бобами, многолетними травами. Если севооборот организован правильно, то все взятое из почвы с урожаем возвращается ей *почвовосстанавливающими культурами*, органическими и минеральными удобрениями.

В севооборотах большое значение играют *сидераты* – культуры из семейств бобовых (в Нечерноземье – люпин, в Черноземье – донник) или крестоцветных (рапс). Зеленую массу сидератов не убирают с поля, а запахивают в почву как зеленое удобрение. В районах с теплым климатом сидераты можно выращивать до основной культуры или после уборки ее урожая (такие сидераты называются промежуточными культурами), наконец, их можно сеять вместе с основной культурой (например, с кукурузой) и оставить после ее уборки набирать зеленую массу. Немецкие фермеры называют сидераты «золотом земледельца». Их эффективность при удобрении почвы выше, чем у навоза.

Особенности севооборотов зависят от климатических и почвенных условий и от хозяйственной задачи: они могут быть зерновыми, кормовыми (выращиваются разные кормовые культуры:

кукуруза, корнеплоды, многолетние и однолетние травы), свекловичными, картофельными. Название севооборота дают по преобладающей культуре.

Чтобы определить, какие культуры и сколько лет возделывать на каждом этапе севооборота и какова будет его общая продолжительность, важно установить последовательность культур. Культура, которая выращивалась на поле в прошлом году, называется *предшественником*. Горох, обогащающий почву азотом, например, является отличным предшественником для многих культур – всех зерновых и пропашных. Хорошим предшественником для большинства культур является озимая рожь. Она очищает поля от сорняков за счет дружного развития с весны и ранней уборки, позволяющей рано провести зяблевую вспашку и спровоцировать прорастание семян сорняков. Яровые зерновые – пшеница и ячмень – хорошие предшественники для гороха, сахарной свеклы, подсолнечника, многолетних трав, рапса. Подсолнечник не годится как предшественник для пропашных культур, которые высевают с широкими междурядьями, регулярно обрабатываемыми культиваторами, но после него хорошо растет пшеница.

Обычно в севооборот включают еще и *паровые поля*, почва которых «отдыхает» от интенсивного использования и «подлечивается» (для этого на паровые поля вносят навоз, их очищают от сорняков специальными обработками или гербицидами). Раньше использовались *чистые*, или *черные пары*, на которых вегетационный сезон (или хотя бы с весны и до посева озимых) не возделывались культурные растения.

Чистые пары полезны тем, что запасают влагу, которая впитывается в хорошо разрыхленную почву, но у них есть и минусы. Первый из них – экономический: человек лишается полезной площади, с которой можно получить урожай. Второй – экологический: паровые поля особенно сильно подвержены эрозии. Пары усиливают дефицит азота, так как микроорганизмы минерализуют азот гумуса, который переходит в нитратные формы, вымывается дождями и улетучивается в атмосферу.

Этих недостатков нет у *занятых паров*, когда на паровом поле выращивается почвоулучшающая культура. Эта культура дает урожай или используется как зеленое удобрение и становится залогом урожая будущего года. На занятых парах нет эрозии, но не накапливается влага. Если последующий год будет засушливым, урожай на этом поле снизится.

В разных зонах применяют разные пары. В степях, где в дефиците вода, а черноземные почвы достаточно плодородны,

целесообразнее иметь чистые пары, так как главное для будущего урожая здесь – создать запас влаги. Занятые пары используются в районах с большим количеством осадков и лесными почвами, которые бедны питательными элементами.

В степной зоне используются и различные варианты комбинированных паров, например кулисные, когда на поле сохраняются полосы высоких растений, способствующих снегонакоплению и уменьшающих риск эрозии.

Контрольные вопросы

1. Какие системы земледелия использовались до введения севооборотов?
2. Какие требования предъявляют к культуре-предшественнику?
3. Какую роль играют чистые и занятые пары?
4. Что такое сидераты и какова их роль в поддержании плодородия почв?

(ДОП.) § 61. ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

Одомашнивание животных произошло примерно в то же время, что и введение в культуру растений, т.е. около 10 тысяч лет назад. Археологи считают, что первыми были одомашнены овца, коза и собака. (Рис. 92.) Крупный рогатый скот и свинья в хозяйстве человека появились позже.

Сельскохозяйственные животные – главные консументы агроэкосистемы. В разных природных условиях разводят разные виды скота. Для лесной зоны экологически более подходит крупный рогатый скот, для степной – свиньи, в откорме которых большую роль играет зерно. Если имеется много земель, непригодных для пашни (горные склоны, засоленные почвы), оправдано овцеводство. В некоторых районах, где много естественных пастбищ (Якутия, Башкортостан, Татарстан) развито коневодство. Лошади не боятся суровой зимы, их круглый год можно содержать на подножном корме. Из молока кобылиц делают целебный напиток – кумыс. Высокими вкусовыми качествами отличается конское мясо.

Соотношение между растениеводством и животноводством – одно из главных звеньев системы управления агроэкосистемой человеком. Оно устанавливается с учетом экологических требований. Для развития животноводства необходимы и посевы, и естественные кормовые угодья. Если скота мало, то мало и органических удобрений – навоза, и это плохо для растениеводства. Если скота слишком много, происходит разрушение пастбищ или

приходится использовать под кормовые культуры слишком много пахотных земель. Преобладание растениеводства выгодно в хозяйствах черноземной зоны, где можно выращивать твердую пшеницу, зерно которой имеет высокую стоимость; преобладание животноводства – в Нечерноземье, где выращиваемые на пашне корма выгодно «пропустить» через сельскохозяйственных животных.

Для повышения прибыльности животноводства нужно повышать *эффективность откорма*, то есть перехода первичной биологической продукции во вторичную. Если пересчитать корма, расходуемые на получение 1 кг мяса на зерно, то получается, что производство 1 кг мяса коровы, свиньи и бройлера обходится соответственно в 6, 4 и 2 кг зерна. Эффективность откорма рыб такая же, как бройлеров. Этим объясняется широкое развитие производства мяса бройлеров в развитых странах. (Кстати, «американские куриные окорочки», даже с учетом затрат на их транспортировку в Россию, стоят дешевле нашей свинины и говядины.) Самый дешевый животный белок – в молоке, на получение 1 кг такого белка затрачивается около 1,5 кг зерна.

Эффективность откорма повышается при использовании полноценных кормов, содержащих все необходимые элементы питания, особенно белок. Так, в рационе коровы в 1 кормовой единице (1 кормовая единица соответствует питательности 1 кг зерна овса) должно содержаться 125 г белка. Если в силосе или сене белка много, то корма корове требуется меньше.

Повышается эффективность откорма и при уменьшении затрат энергии на сам процесс питания животных. Корова, например, ест не больше 8 часов в сутки. Остальное время она отдыхает и пережевывает жвачку (размельчает то, что было съедено на пастбище или из кормушки в стойле). Чтобы корова за 8 часов съедала достаточное количество травы, травостой на пастбище не должен быть слишком низким (корове неудобно откусывать растения, высота которых ниже 10 см) или слишком высоким.

В зимнее время важно содержать коров в теплых помещениях. Если корове будет холодно, то энергия пищи пойдет не на образование молока и прибавку веса, а на согревание животного. Чем крупнее животное, тем легче ему согреться: бык массой 500 кг переносит холод легче, чем теленок.

В разном возрасте эффективность откорма коров неодинакова: молодое животное лучше набирает вес, у взрослого – привесы резко снижаются. Молоко корова дает несколько лет примерно с одной и той же затратой кормов. Отсюда и два типа содержания скота – мясной откорм, при котором животное содержат

не больше года, и молочное разведение, при котором корову доят в течение 5–7 лет.

Важный вопрос экологии животноводства – проблема стоков. На небольших фермах скоту подстилают солому, и навоз смешивается с ней. Эта смесь легко перегнивает и является прекрасным удобрением. Однако на скотоводческих комплексах с тысячами голов скота применяют бесподстилочное содержание животных, а навоз смывают водой. Такой навоз называется *бесподстилочным*, его нельзя непосредственно использовать как удобрение. Он убивает полезную микрофлору почвы, загрязняет ее болезнетворными бактериями и засоряет семенами сорных растений, которые невредимыми проходят через пищеварительную систему животных.

Перед внесением на поля бесподстилочный навоз подвергают специальной обработке – компостируют с соломой или опилками и торфом, перерабатывают в бродильных чанах. При брожении навоз обеззараживается, и образуется *биогаз*, которым можно отапливать ферму. Можно разбавлять навоз водой и этим раствором поливать поля, на которых выращивают многолетние травы. Еще лучше разбавленный навоз удобряет почву, если она покрыта равномерно разбросанной соломой.

Чем больше скота на ферме, тем сложнее организовать переработку навоза в удобрение и больше затраты на его транспортировку. Поэтому фермы с поголовьем свыше 50 голов крупного рогатого скота и 200–300 голов свиней неоправданы экологически и невыгодны экономически.

В экологически правильно организованном хозяйстве скот является таким же органичным элементом агроэкосистемы, как животные-консументы в естественной экосистеме леса или целинной степи.

Контрольные вопросы

1. Как различается эффективность откорма разных видов животных?
2. Как можно повысить эффективность откорма?
3. Почему неоправданы крупные скотооткормочные комплексы?

§ 62. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Сельскохозяйственное загрязнение, как и промышленное, наносит ущерб экосистемам. Оно бывает нескольких типов.

Загрязнение воды стоками животноводческих ферм и скотооткормочных комплексов. Хотя навоз является прекрасным удобрением, он может нанести вред природным экосистемам, если неправильно подготовлен к внесению на поля. Чтобы не загрязнять водоемы навозными стоками, строят навозохранилища с бетонными стенами; фермы, расположенные рядом с реками и ручьями, перемещают, чтобы снизить вероятность попадания загрязняющих веществ в воду.

Загрязнение пестицидами и их остатками. Из-за этого загрязнения обедняется живое население почвы – снижается численность почвенных животных, водорослей, микроорганизмов, в результате замедляются разложение редуцентами органических остатков и возврат питательных элементов в почвенный раствор. Остатки пестицидов могут попасть в воду (особенно при орошаемом земледелии и выращивании риса), в атмосферу, в продукты питания. Большая часть пестицидов и продуктов их неполного разложения токсична и отрицательно влияет на здоровье человека.

Загрязнение почвы тяжелыми металлами. Этот вид загрязнения связан с внесением фосфорных удобрений, в которых обычно бывает примесь тяжелых металлов – кадмия, кобальта, цинка и др. Для предотвращения этого загрязнения необходимо тщательно очищать удобрения на предприятиях, где их производят, и контролировать содержание тяжелых металлов в партиях удобрений и в почвах.

Вдоль больших дорог, пересекающих агроэкосистемы, на расстоянии до 100 м почвы могут быть загрязнены свинцом, если в автомобилях используется этилированный бензин, в котором содержится этот тяжелый металл.

Загрязнение почвы и продуктов питания нитратами. Загрязнение продуктов питания нитратами считается опасным, если на каждый килограмм веса человек потребляет более 5 мг нитратов в сутки. Попадая с продуктами в организм человека, нитраты нарушают нормальную работу кровеносной системы, что особенно опасно для детей грудного возраста. Нитраты вступают в сложные комплексные соединения, называемые нитрозами. Нитрозные соединения канцерогенны, т.е. могут стать причиной развития раковых опухолей.

Чтобы в овощах не накапливались нитраты, нужно ограничивать применение минеральных азотных удобрений и использовать их одновременно с органическими удобрениями (навозом). Если концентрация нитратов в почвенном растворе будет невысока, их содержание в овощах также не превысит норму. Нитраты более активно накапливаются растениями при недостатке

света, поэтому культуры с высокой способностью накапливать нитраты нельзя выращивать в затененных местах.

Сельскохозяйственное загрязнение среды может усугубляться техногенным загрязнением. Так, в результате атмосферной эмиссии (то есть выпадения из атмосферы) почвы агроэкосистем могут загрязняться тяжелыми металлами и подкисляться при выпадении кислотных дождей. Кислотные дожди при этом могут улучшать обеспечение почвы азотом, так как в их составе есть азотная кислота.

Контрольные вопросы

1. Какие типы сельскохозяйственного загрязнения вы знаете?
2. Чем опасно загрязнение продуктов нитратами?
3. Как можно уменьшить сельскохозяйственное загрязнение среды?

Справочный материал

Мировой стандарт расхода пестицидов составляет 7 кг на 1 га. Его превышение является причиной широкого распространения болезней, связанных с загрязнением воды пестицидами. В первую очередь это болезни печени и желудка, а также онкологические заболевания. В большинстве районов России пестицидные нагрузки составляют 0,5–2 кг/га, что экологически мало опасно.

Из-за отравления ДДТ на востоке США полностью исчез сапсан. Содержание ДДТ в жировых тканях человеческого тела достигает в США 12–16 частей на миллион, а официально установленный предел допустимого содержания его в пищевых продуктах составляет 7 частей на миллион.

По способности накапливать нитраты овощи можно разделить на шесть групп: 1) больше 5 г нитратов на 1 кг продукции (все виды салата, включая и кресс-салат, петрушка, редис); 2) до 5 г на 1 кг (шпинат, редька, капуста, морковь, репчатый лук); 3) до 3 г на 1 кг (лук-порей, ревень, укроп); 4) до 1 г на 1 кг (тыква); 5) менее 1 г на 1 кг (огурцы, арбузы, дыни, помидоры, баклажаны, картофель).

Полезно знать, как распределены нитраты в овощах. Так, у свеклы нитраты сконцентрированы в верхней части корнеплода (рис. 93.), и срезав его (примерно на 1/5 длины), можно снизить количество нитратов в борще или винегрете. В моркови в центральной желтой части нитратов больше, чем в окружающей красной. Поэтому маленьким детям готовят сок только из внешней

красной части моркови. У капусты самая опасная часть – кочерыжка, концентрируются нитраты и в толстых черешках листьев кочана. Так что, если неизвестно, как была выращена капуста и сколько в ней нитратов, лучше не использовать в пищу эти части. Нитраты из капусты улетучиваются при квашении.

У картофеля в мелких клубнях нитратов больше, чем в крупных. Кроме того, они сосредоточены под кожурой. Картофель, выращенный с использованием минеральных азотных удобрений, не стоит варить «в мундире», а лучше очистить, причем, не экономной картофелечисткой, а ножом.

§ 63. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Человек всегда оставлял на семена самые урожайные растения. При этом он ухаживал за растениями – обрабатывал почву, поливал, боролся с сорняками и насекомыми-вредителями, вносил удобрения. И чем урожайнее были культурные растения, тем больше они требовали вложений антропогенной энергии.

Урожайность сельскохозяйственных культур и общая продуктивность агроэкосистемы с увеличением вложений энергии вначале возрастала довольно быстро. Но со временем новые вложения антропогенной энергии стали давать все меньшую прибавку урожая. Чтобы повысить урожай в 2 раза, приходится увеличивать вложения энергии в 10 раз. Энергия добывается из нефти, газа, угля, а количество этих энергоносителей ограничено.

Агроэкология разрабатывает способы получения высоких урожаев при снижении затрат антропогенной энергии. Познакомимся с основными приемами энергосбережения в сельском хозяйстве.

Правильное размещение сельскохозяйственных культур. Чем лучше подходят растению условия произрастания, тем оно продуктивнее и меньше затраты на получение урожая. Сегодня в Нечерноземье уменьшают долю посевов яровой пшеницы и больше высевают озимой ржи (в особенности сорта «Чулпан»), дающей с 1 га на 10–20 ц зерна больше, чем пшеница. Затраты энергии на выращивание при этом одинаковы. Значит, для получения 1 кг ржаного зерна нужно в 1,5–2 раза меньше энергии. В южных районах страны пшеницу заменяют на сорго, которое за высокую засухоустойчивость академик Н.И. Вавилов назвал «верблюдом растительного мира».

Селекция сортов с повышенной конкурентной мощностью и устойчивостью к засухе, заболеваниям и насекомым-вредителям. Засухоустойчивые сорта не нужно

поливать, следовательно, экономятся затраты энергии на подачу воды. Сорты, защищающие себя от грибных заболеваний или вредителей, не требуют применения пестицидов, на производство которых затрачивается много энергии.

Смешанные посевы. В их состав включают растения с разными экологическими нишами – более и менее засухоустойчивые, с глубокой корневой системой и поверхностно укореняющиеся, высокие и низкие (например, эффективны смешанные посевы высокорослой и низкорослой кукурузы). Для получения корма (на зеленую массу, силос) высевают смесь разных культур (например, в степных районах – смесь кукурузы и сои, в Нечерноземье – вики или гороха с овсом). Такие посевы значительно полнее используют ресурсы света и почвы, более урожайны и меньше засоряются сорняками, так как в них меньше свободных ниш для поселения сорных растений.

Повышение энергетической эффективности животноводства. Энергосбережение возможно и при разведении скота. На производство кормов затрачивается энергия, и потому предпочтение отдается тем видам сельскохозяйственных животных и тем их породам, которые на производство единицы продукции расходуют меньше корма. Породы коров, специализированные для производства мяса или молока, экономнее расходуют корма, чем мясомолочные.

Энергосбережение в сельском хозяйстве можно осуществлять, используя *адаптивный подход*. При этом ставится задача повысить КПД агроэкосистемы и на каждую единицу вводимой в нее антропогенной энергии фиксировать максимально возможное количество солнечной энергии (т.е. получить больше растениеводческой и животноводческой продукции).

Адаптивная система ведения сельского хозяйства (табл. 3) позволяет уменьшить затраты антропогенной энергии и активизировать жизнедеятельность всех полезных организмов, входящих в состав агроэкосистемы.

Таблица 3

Основные черты адаптивной системы ведения сельского хозяйства

Обработка почвы	Растениеводство	Животноводство
Использование рыхлителей вместо плугов	Селекция сортов на устойчивость	Селекция пород с высокой эффективностью откорма
Применение занятых	Размещение и	Использование

паров	районирование сортов с учетом их экологии	полноценных кормовых рационов
Использование сидератов	Использование смешанных посевов	Полное использование на корм всех растительных остатков
Использование севооборотов	Использование промежуточных культур	Равномерное размещение небольших ферм на территории

Контрольные вопросы

1. Почему ставится задача повышения энергетической эффективности сельского хозяйства?
2. Как можно повысить энергетическую эффективность растениеводства?
3. Как можно повысить энергетическую эффективность животноводства?
4. В чем заключается адаптивный подход в сельском хозяйстве?

Справочный материал

В России чаще разводят мясомолочные породы коров, а в США – мясные и молочные (причем на одну молочную корову приходится четыре мясных). При этом удои в США составляют 5700 л в год, а суточный привес – около 1,5 кг. В России удои ниже в 2 раза, а привесы – в 3–4 раза. В итоге на производство мясомолочной продукции (1 кг мяса и 1 кг молока) мы затрачиваем примерно в 2 раза больше энергии, чем американцы.

В США существует специальная правительственная программа охраны почв. За каждый гектар эродированной почвы, который фермер засеял травой или засадил деревьями на 10 лет, ему ежегодно выплачивается 120 долларов. Таким образом в 1990 г. из пахотного фонда было изъято 20% земель. Это позволило на одну треть сократить интенсивность процессов эрозии.

Орошение – самый эффективный прием повышения плодородия почв в районах недостаточного увлажнения, однако он требует очень больших затрат энергии и экологически опасен. В начале века общая площадь поливных земель составляла 40 млн. га,

к 1950 г. она достигла 94 млн. га, а в 1980 г. уже приблизилась к 250 млн. га. В последующие 10 лет прирост составил всего 8 млн. га, а с 1990 г. идет устойчивое сокращение. Истощение водных ресурсов для полива отмечается в странах—главных производителях зерна — США и Китае. В Саудовской Аравии в результате снижения плодородия почв поливом за последние 10 лет сбор зерна упал в 2,5 раза.

Меньше всего энергии на получение зерна затрачивают в Великобритании. Затраты энергии на производство 1 т зерна в США, ФРГ и в России выше соответственно в 2, 2,5 и 9 раз.

В фермерском хозяйстве используют лошадей, работа которых обходится в 2–3 раза, а содержание (корм, уход) в 10 раз дешевле, чем мини-трактора. Лошади также перевозят разные грузы и дают навоз, качество которого выше коровьего. Особенно ценится конский навоз в тепличном хозяйстве.

Оригинальный вариант энергосбережения для получения корма животным и продукта, который может употреблять в пищу человек, предложили японцы. На специальных водных плантациях они выращивают хлореллу — одноклеточную водоросль, которая очень быстро размножается. Затраты энергии на выращивание хлореллы в 12 раз меньше, чем при производстве пшеницы. 1 га плантации-бассейна дает 25 ц биомассы в год, причем эта биомасса богата белками и углеводами.

(ДОП.) § 64. ЗЕЛЕНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Зеленая революция произошла в 60–70-е годы нашего столетия, ее «отцом» был мексиканский селекционер Норман Борлауг. Он вывел сорт пшеницы «Мексикале», которая давала урожай в 3 раза выше, чем старые сорта. Вслед за Борлаугом и другие селекционеры начали выводить высокоурожайные сорта кукурузы, сои, хлопка, риса и прочих сельскохозяйственных культур.

Вместе с этими сортами-рекордсменами были введены новые интенсивные системы обработки почвы с оборотом пласта, высокие дозы удобрений, полив, самые разнообразные пестициды и монокультура, т.е. выращивание на одном поле одной и той же культуры в течение многих лет. Появились и высокопродуктивные животные, для поддержания здоровья которых нужны были не только обильные корма, но и витамины, антибиотики, а для быстрого наращивания массы — стимуляторы роста. Первая зеленая революция была особенно успешной в странах тропического пояса,

так как при круглогодичном выращивании растений доход от новых сортов был особенно велик.

Эта революция резко повысила урожай сельскохозяйственных культур, но привела к ухудшению почв в результате разрушения гумуса и активизации эрозии. Увеличилось также загрязнение среды пестицидами и удобрениями. Качество продуктов сельского хозяйства ухудшилось. Для выращивания сортов-рекордсменов и животных-«монстров» требовались удобрения и пестициды, на производство которых затрачивалось слишком много энергии угля, нефти, газа. Резкое возрастание потребления исчерпаемых энергоресурсов и истощение ресурсов почвы особенно сильно проявились к началу 80-х годов.

С середины 80-х годов нашего столетия ученые заговорили о начале второй зеленой революции, в результате которой сельское хозяйство пойдет по пути снижения вложений антропогенной энергии. В ее основе – адаптивный подход, т.е. ориентация на более экологичные технологии возделывания сельскохозяйственных культур и разведения сельскохозяйственных животных. Селекционеры переключились с выведения сортов-«рекордсменов» на селекцию сортов-«тружеников», которые могут давать достаточно высокий (хотя и не рекордный) урожай при невысоких дозах удобрений и без полива, могут сами защитить себя от вредителей, болезней и сорняков. При этом, если во время первой зеленой революции селекционеры работали примерно с десятью видами культурных растений, то теперь их внимание обращено на несколько десятков видов. Ученые широко используют местные популяции («народные сорта») культурных растений. Растет доля севооборотов с восстанавливающими почву сидератами и смешанных посевов.

По мнению сторонников второй зеленой революции, перспектива земледелия – не в наращивании, а в сокращении площади пашни (в первую очередь на эродированных почвах) с заменой ее травянистыми (посевами трав, естественным путем восстановившимися лугами или степями) или лесными сообществами. В таких экосистемах (их называют лесоаграрными) останавливается эрозия почв и растет биологическое разнообразие, в составе которого много «врагов наших врагов», что позволяет снизить пестицидные нагрузки.

Особенности сельского хозяйства в видении сторонников первой и второй зеленых революций показаны в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение сельского хозяйства после первой и второй
зеленых революций

Признаки	Первая зеленая революция	Вторая зеленая революция
Вложения антропогенной энергии	Очень высокие	Умеренные
Общее биологическое разнообразие	Низкое	Высокое
Разнообразие выращиваемых культур	Низкое	Высокое
Севообороты	Не применяются	Применяются
Методы контроля вредителей, сорняков и болезней	Химические	Биологические
Доля пашни в агроэкосистеме	Высокая	Умеренная, лесоаграрные экосистемы
Основное направление селекции растений	На повышение продуктивного потенциала	На повышение адаптивного потенциала
Роль животноводства	Высокая; доля корма, получаемого с пашни, большая	Умеренная; доля корма, получаемого с пашни, небольшая

Процесс экологизации сельского хозяйства протекает очень медленно, так как рост народонаселения планеты продолжается, и потребность в продовольствии растет. Поэтому правильнее говорить не о второй зеленой революции, а об «экологической зеленой эволюции» в сельском хозяйстве.

Контрольные вопросы

1. Чем вызвана необходимость «второй зеленой революции»?
2. Как должно измениться растениеводство в результате «второй зеленой революции»?
3. Почему сторонники «второй зеленой революции» считают нужным сокращать площадь пашни?

Справочный материал

В последние 10 лет активно развиваются биотехнологические методы выведения новых сортов с использованием генной инженерии. Такие растения называются генетически модифицированными (ГМР). Генные инженеры за счет ГМР обещают накормить человечество. ГМР высокопродуктивны и устойчивы к неблагоприятным условиям, они обладают комплексом признаков, который был недостижим до развития биотехнологии. Например, удалось получить «золотистый рис», зерно которого содержит витамин В. Этого витамина хронически не хватало жителям тех стран, где рис является основным продуктом питания. Получен гибрид африканского и индийского риса, который в первую половину лета растет как «африканец» и не требует много воды, а во вторую – быстро формирует высокий урожай как водолюбивые индийские сорта. Получены десятки сортов разных видов растений, устойчивых к грибным, бактериальным и вирусным заболеваниям.

Перспектива использования ГМР является на сегодняшний день предметом жарких споров. Экологи (особенно в экономически благополучных странах со стабилизовавшейся численностью народонаселения: Западная Европа, США, Канада, Австралия) выступают против этих сортов, поскольку неизвестны последствия их использования для здоровья человека. Кроме того, есть риск гибридизации ГМР с видами естественной флоры, особенно с сорными растениями. Эти спонтанные гибриды могут быть очень агрессивными и потому экологически опасными.

Генетики-биотехнологи ратуют за повсеместное внедрение ГМР. ГМР как путь к повышению продуктивности культурных растений поддерживается общественностью в развивающихся странах (в Африке, Индии и др.), так как продовольственная ситуация в них неблагополучна.

По-видимому, с учетом того, что народонаселение планеты будет продолжать расти в XXI веке, ГМР будут широко использоваться в странах «третьего мира». Однако необходим жесткий экологический контроль за последствиями их применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В агроэкосистемах, как и в естественных экосистемах, главным источником энергии является солнечный свет, а углерода – углекислый газ. Однако это антропогенные экосистемы, составом, структурой и функцией которых управляет человек. Он стоит на вершине экологической пирамиды и определяет по какой пищевой цепи направить большую часть энергии – по цепи «растение – человек» (производить растениеводческую продукцию), или по цепи

«растение – скот – человек» (производить животноводческую продукцию). Человек определяет количество и качество первичной и вторичной биологической продукции: использует удобрения, полив, возделывает наиболее продуктивные культурные растения и разводит сельскохозяйственных животных, наиболее эффективно использующих корма. При этом он производит ту сельскохозяйственную продукцию, на которую есть спрос.

На управление агроэкосистемой, человек затрачивает много антропогенной энергии (на производство сельскохозяйственной техники, обработку почвы, производство и внесение удобрений, обогрев животноводческих помещений, перевозку кормов и навоза и т.д.). Однако доля антропогенной энергии в энергетическом бюджете любой агроэкосистемы мала, его основу составляют неисчерпаемые щедроты энергии солнца.

История сельского хозяйства знает немало примеров истощительных вариантов управления агроэкосистемами, которые вели к разрушению агресурсов – почв и биологического разнообразия, загрязнению окружающей среды и производимой сельскохозяйственной продукции.

Агроэкология разрабатывает методы управления агроэкосистемами, которые позволяют сохранять агресурсы и при этом получать достаточно много сельскохозяйственной продукции высокого качества. Для решения этой задачи в агроэкосистемах частично сохраняется экологическое равновесие за счет «зеленого каркаса» – части лесов (а если их мало или совсем нет, то лес сажают), лугов и степей, болот; вместо плуга используются рыхлители; минеральными и органическими удобрениями компенсируется вынос из почвы элементов питания и разрушение гумуса; в севообороты включаются культуры, восстанавливающие почву (многолетние травы, бобовые и сидераты); используются поликультуры и сортосмеси. Для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков используются биологические методы и агротехника, хотя в некоторых случаях применяются гербициды. Чтобы травостой пастбищ не разрушался руководствуются нормативом пастбищной нагрузки. Для снижения затрат антропогенной энергии используется адаптивный подход: на каждую единицу затраченной энергии добиваются наибольшей отдачи биологической продукции.

Важным событием в истории сельского хозяйства была зеленая революция 60–70-х гг., сопровождавшаяся резким увеличением затрат антропогенной энергии на каждый гектар сельскохозяйственных угодий. Эта революция принесла биосфере

немало бед, разрушив почву, загрязнив воду и обеднив флору и фауну.

Перед сельским хозяйством России стоит много задач. Чтобы идеи ресурсосбережения вошли в жизнь, нужно не только внедрить агроэкологические методы получения сельскохозяйственной продукции, но и разработать специальные экономические механизмы. Должна быть определена стоимость ресурсов и у них должен появиться хозяин, которому будет невыгодно их разрушать.

Индивидуальное задание

Темы рефератов:

1. Возможно ли сельское хозяйство при отказе от химии?
2. Роль леса и других естественных экосистем в структуре сельскохозяйственного ландшафта.
3. Основные сорные виды растений и возможности контроля засоренности с использованием экологически безопасных методов.
4. Севообороты и их экологическая роль.

Эти задания адресованы в первую очередь сельским школьникам, которые постоянно сталкиваются с вопросами сельскохозяйственной экологии, хотя исполнителем могут быть и городские школьники, проявляющие интерес к сельскому хозяйству. В каждой из тем, наряду с данными литературы, могут быть использованы результаты наблюдений в одном или нескольких сельскохозяйственных предприятиях.

Можно использовать следующую литературу:

Миркин Б.М., Злобин Ю.А. Растительные сообщества наших полей. М.: Знание, 1990. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Сельское хозяйство. № 1).

Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Злобин Ю.А. Плодородие вашего участка (Советы фермеру и садоводу-любителю). М.: Знание, 1993. (Серия «Усадьба. Подворье. Ферма». № 1-2).

Скорняков С.М. Плуг: крушение традиций. М.: Агропромиздат, 1989. (В увлекательной форме автор рассказывает об эволюции системы обработки почвы, о «борцах против плуга» И.Е. Овсинском, Э. Фолкнере, Т.С. Мальцеве.)

Скорняков С.М. «Зеленая родословная». М.: Агропромиздат, 1989. (Рассказ об истории основных культурных растений.)

Яблоков А.В. Ядовитая приправа. М.: Мысль, 1990. (Книга содержит много фактического материала, который показывает

пагубность системы применения пестицидов для сельскохозяйственных и естественных экосистем.)

Пругар Я., Пругарова А. Избыточный азот в овощах. М.: Агропромиздат, 1991. (В книге рассказывается о том, как можно снизить риск накопления нитратов в разных овощах.)

Глава 12. ГОРОДСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Экосистемы городов, как и сельскохозяйственные экосистемы, – антропогенные, социоприродные, однако они значительно отличаются от сельскохозяйственных экосистем тем, что в них меньше «природности». Если управление сельскохозяйственной экосистемой направлено на то, чтобы приблизить ее к естественным экосистемам: замкнуть круговороты элементов питания, повысить биологическое разнообразие, то при управлении городскими и промышленными экосистемами это практически невозможно. Эти экосистемы нельзя сделать равновесными, управление ими направлено на то, чтобы уменьшить вред, который наносят города окружающим естественным и сельскохозяйственным экосистемам, и улучшить условия жизни в городе для самого человека. В состав городских экосистем могут входить промышленные экосистемы, которые наносят большой вред городской среде.

Городские и сельскохозяйственные экосистемы тесно связаны. В городах сельскохозяйственную продукцию перерабатывают на молочных заводах, мясоконсервных комбинатах, кондитерских и прядильных фабриках. Из города в село поступают сельскохозяйственные машины, горючее, удобрения, пестициды, множество предметов, необходимых сельским жителям: одежда, строительные материалы, электроприборы, химикаты и т.д. Наконец, из города жители села получают информацию. В городах печатают газеты, там работают радио- и телерадиокомпании.

Доля городского населения во всем мире постепенно увеличивается. В среднем по России в городах сегодня проживает около 70% населения. В таких индустриально развитых странах, как Япония, в городах живет до 80% населения.

§ 65. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Городские экосистемы гетеротрофны, доля солнечной энергии, фиксированная городскими растениями или солнечными батареями, расположенными на крышах домов, незначительна. Основные источники энергии для предприятий города, отопления и

освещения квартир горожан расположены за его пределами. Это – месторождения нефти, газа, угля, гидро- и атомные электростанции. Кроме того, чтобы накормить одного горожанина, требуется не менее 1 га сельскохозяйственных угодий, включающих пашню, сенокосы и пастбища. В России на одного горожанина приходится около 2 га сельскохозяйственных угодий. Собственное производство продуктов питания (теплицы, пригородные сады) в городе незначительно.

Город потребляет огромное количество воды, лишь незначительную часть которой человек непосредственно употребляет. Основная часть воды идет на производственные процессы и на бытовые нужды. Личное потребление воды в городах составляет от 150 до 500 л в сутки, а с учетом промышленности на одного горожанина приходится до 1000 л в сутки.

Использованная городами вода возвращается в природу в загрязненном состоянии – она насыщена тяжелыми металлами, остатками нефтепродуктов, сложными органическими веществами, подобными фенолу, и т.д. В ней могут содержаться болезнетворные микроорганизмы. Город выбрасывает в атмосферу ядовитые газы, пыль, концентрирует на свалках токсичные отходы, которые с потоками весенней воды попадают в водные экосистемы.

Растения (продуценты) в составе городских экосистем растут в лесопарках, парках, садах, на газонах, но их главное назначение – не производство органического вещества (древесины, сена, съедобных плодов и т.д.), а регулирование газового состава атмосферы. Они выделяют кислород, поглощают диоксид углерода и очищают атмосферу от вредных газов и пыли, попадающих в нее при работе промышленных предприятий и транспорта. Растения также имеют большое эстетическое и декоративное значение.

Животные в городе представлены не только обычными в естественных экосистемах видами (в парках живут птицы: горихвостка, соловей, трясогузка, зяблик, славки; млекопитающие: полевки, белки и представители других групп животных), но и особой группой городских животных – спутников человека. В ее составе – птицы (воробьи, скворцы, ласточки, вороны, галки, голуби), грызуны (крысы и мыши) и насекомые (тараканы, клопы, моль, мухи и др.). Многие животные, связанные с человеком, питаются отбросами на помойках (галки, вороны, воробьи). Это – санитары города. Разложение органических отходов ускоряют личинки мух и другие животные и микроорганизмы.

Горожане разводят домашних животных – собак и кошек, декоративных животных (попугаев, голубей, хомячков, аквариумных рыбок), в конюшнях ипподромов – лошадей.

Главная особенность экосистем современных городов в том, что в них полностью нарушено экологическое равновесие. Все процессы регулирования потоков вещества и энергии человеку приходится брать на себя. Человек должен регулировать как потребление городом энергии и ресурсов – сырья для промышленности и пищи для людей, так и количество ядовитых отходов, поступающих в атмосферу, воду и почву в результате деятельности промышленности и транспорта.

Наконец, человек определяет и размеры этих экосистем, которые в развитых странах, а в последние годы и в России, быстро «расползаются» за счет строительства коттеджей в пригородах. Районы низкоэтажной застройки уменьшают площадь лесов и сельскохозяйственных угодий, их появление сопровождается строительством новых шоссе и дорог, что также уменьшает долю экосистем, способных производить продукты питания и осуществлять круговорот кислорода.

На рис. 94 показана связь города с другими экосистемами.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины невозможности достижения экологического равновесия в городских экосистемах?
2. Как представлены в городской экосистеме продуценты, какова их роль?
3. Какие виды животных входят в фауну города?

Справочный материал

В 1992 г. в конкурсе на звание «Экологическая столица Германии» почетный титул заслужил город Фрайбург (земля Баден – Вюртемберг). В этом городе введен «единый экологический билет» для проезда на всех видах транспорта, что уменьшило интенсивность движения личного транспорта. Центр города закрыт для автомобилей, горожане пользуются трамваем и велосипедами, для которых есть специальные дорожки на всех улицах. В контейнеры разного цвета собираются бутылки, бумага, алюминиевые банки, пищевые отходы (рис. 95). В городе на всех участках, не занятых зданиями, создаются «биотопы» – небольшие фрагменты растительности, напоминающей естественную.

Шум измеряется в децибелах (сокращенно – дБ). Тиканье часов – 10 дБ, шепот – 25, шум от оживленной магистрали – 80, шум самолета при взлете (с расстояния 7,5 м) – 130 дБ. Болевой порог шума – 140 дБ. На территории жилой застройки днем шум не должен превышать 50–60 дБ.

Фактором, негативно влияющим на состояние горожан, является видеозагрязнение – насыщение городской архитектуры элементами строений, которые служат причиной появления у человека раздражительности и даже агрессивности. Этот вопрос был специально исследован В.А. Филиным, который создал особый раздел городской экологии – видеозекологию. Причина видеозагрязнения – увеличение доли гомогенных агрессивных полей (голые стены, монолитное стекло, глухие заборы, асфальтовые покрытия, гладкие крыши домов, одинаковые и равномерно размещенные на поверхности элементы – окна на стене дома, плитки на тротуаре или стене, гофрированные поверхности и пр.).

Исторически у человека сформировалась потребность в разнообразии зрительного восприятия в естественной среде. На голой стене глазу не за что «зацепиться», что отрицательно сказывается на работе центральной нервной системы и в конечном итоге на общем самочувствии человека. Таким образом, так называемые «архитектурные излишества» могут служить положительным фактором, повышающим разнообразие городской среды.

За свою жизнь каждый человек съедает большое количество продуктов, выпивает и использует на бытовые нужды много воды и изнашивает одежду и обувь, мебель и т.д. На него тратится энергия, которая вырабатывается на электростанциях, работают заводы, где производят автомобили и различные бытовые приборы, без которых немислима жизнь цивилизованного человека. На одного американца, например, в течение жизни расходуется 4,24 т нефти, 15 т железа и чугуна, 1,5 т алюминия, 700 кг меди, 12 т глины, 13 т поваренной соли, 500 т стройматериалов (в том числе 100 м³ древесины).

В городах России в среднем один житель расходует 400 л воды в сутки (в Москве и Санкт-Петербурге – до 1000 л). Это неэкономное расходование. В Европе один житель тратит 150–160 л воды, а ведь европейцы не менее чистолюбивы, чем россияне! За воду взимают достаточно высокую плату, что подталкивает к ее экономии. На предприятиях используют специальную техническую воду, качество которой ниже, чем у той, что подают в квартиры. Международная санитарно-гигиеническая норма воды на одного человека составляет около 235 л в сутки. С самой тоненькой струйкой из неисправного крана в сутки вытекает 150 л воды.

«Производство» бытового мусора постоянно растет. Сейчас его на каждого горожанина приходится от 150 до 600 кг в год. Больше всего мусора производят в США – 520 кг в год на одного жителя, в Норвегии, Испании, Швеции, Нидерландах – 200–

300 кг, в Москве – 300–320 кг. США – одна из самых «замусоренных» стран мира, там ежегодно образуется до 160 млн. т мусора. Нагруженная этим мусором колонна десятитонных грузовиков растянулась бы от Земли до Луны, а 18 млрд. одноразовых пеленок, которые ежегодно выбрасывают американцы, можно протянуть от Земли до Луны 7 раз.

Для того чтобы в природной среде разложилась бумага, требуется от двух до десяти лет, консервная банка – более 90 лет, фильтр от сигареты – 100 лет, полиэтиленовый пакет – более 200 лет, пластмасса – 500 лет, стекло – более 1000 лет. Вспомните об этом, прежде чем бросить в лесу старый полиэтиленовый пакет или бутылку!

В составе современного бытового мусора много крайне медленно разлагающихся пластмасс (полимерных материалов). С новыми полимерными материалами ситуация лучше – в их составе есть светочувствительные молекулярные группы, либо молекулярные группы, которые легко усваиваются микроорганизмами. В обоих случаях прочные длинные нити полимерных макромолекул распадаются на части, с которыми быстро справляются микроорганизмы. Скорость разложения таких полимерных отходов возрастает во много раз, отпадает необходимость их сжигания в высокотемпературных печах.

Экологически опасен пористый стайроформ, из которого в США делают одноразовые стаканы. Если расставить в ряд стаканы, использованные за год, они опояшут Землю по экватору 463 раза. Этот пластик не разлагается в природе, а при его производстве из дорогостоящей нефти в атмосферу выделяются хлоруглероды, разрушающие озоновый слой.

В США перерабатывают всего 20% мусора, остальное концентрируется на свалках. До 1/3 этого мусора составляет тара. На упаковку американцы расходуют 75% производимого стекла, 50% бумаги, 40% алюминия, 40% пластика, 8% стали. Каждый час американцы используют 2,5 млн. пластиковых бутылок.

В некоторых штатах США полиэтилен собирают в специальные контейнеры и из него делают доски для парковых скамеек, дренажные трубы, кухонную утварь, игрушки; созданы специальные предприятия, на которых превращают бумажную тару от молока и соков в хлопья, а затем прессуют в стройматериалы (брус). Контроль бытовых отходов в США 20 лет назад стоил 10 долларов за 1 т, а сегодня уже 500. Расходы на обработку одного контейнера мусора возросли с 25–60 до 50–137 долларов.

В Швеции утилизируют банки от пива и соков. В магазины возвращают 8 банок из 10. В итоге 600 млн. банок в год попадает на

переплавку (при населении 8 млн. человек). Изготовление банки из вторичного сырья стоит всего 4% от стоимости банки из нового алюминия.

§ 66. УРБАНИЗАЦИЯ

Урбанизацией называется процесс увеличения доли городского населения и усиления влияния городов на биосферу. Если в 1830 г. в городах проживало около 3% населения, то в 1960 г. – 34%, в 2000 г. – около 48%. Начиная с 1970 г. прирост населения городов значительно опережает прирост народонаселения планеты (соответственно 4 и 1,7%).

Процесс урбанизации сопровождается уменьшением доли биосферы, способной продуцировать органическое вещество и кислород (происходит «запечатывание» поверхности асфальтом и строениями), и повышением уровня загрязнения окружающей среды. Положительным моментом урбанизации является сдерживание роста народонаселения, так как число детей в семье горожанина в среднем меньше, чем в сельской семье.

Самой «сердцевинной» процесса урбанизации является возникновение мегополисов – гигантских агломераций городов с общим населением свыше 10 млн. человек. К мегополисам относятся Буэнос-Айрес, Шанхай, Калькутта, Бомбей, Тегеран, Нью-Йорк, Токио, Сан-Паулу, Мехико, Рио-де-Жанейро, Лондон, Сеул. В настоящее время мегополисы продолжают бурно расти, так как программы децентрализации, которые разрабатываются правительствами, не эффективны, и существование мегополисов – неизбежная реальность с множеством экономических и экологических проблем (дороговизна жизни, сложность транспортного обеспечения, проблемы загрязнения и т.д.).

Контрольные вопросы

1. Что такое урбанизация и каковы причины этого процесса?
2. Каковы негативные последствия урбанизации?
3. Есть ли «плюсы» у урбанизации?
4. Приведите примеры мегополисов.

Справочный материал

В табл. 5 показаны данные об урбанизации в некоторых регионах Земного Шара.

Таблица 5

Доля городского населения в некоторых регионах
земного шара (%)

Регионы мира	1950 г.	1986 г.	2000 г.
Северная Америка	64	74	78
Европа	56	73	79
СНГ	39	71	74
Восточная Азия	43	70	79
Латинская Америка	41	65	77
Африка	15	30	42
Южная Азия	15	24	35
Океания	61	65	73
Китай	12	32	40
Весь мир	29	43	48

Процесс урбанизации активно протекает в РФ. В настоящее время зарегистрировано 1059 городов, 2066 поселков городского типа. Уровень урбанизации достиг 73%, а в таких регионах, как Урал, Сибирь и Дальний Восток, доля городского населения превысила 80%. При этом в 33 крупных городах РФ плотность населения превышает оптимальную величину (300 человек на 1 га). Причем эта опасная тенденция усиливается (для сравнения, Париж – 291 чел/га, Берлин – 189, Лондон – 128 чел/га). Столь высокая плотность населения ухудшает условия жизни горожан.

§ 67. ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ

Загрязнение городской среды вызывается разными причинами. Доля выбросов промышленных предприятий и коммунального хозяйства в разных городах составляет от 50 до 10%, остальное загрязнение порождено автотранспортом, который сегодня является главным негативным фактором формирования городской среды. (В глобальном балансе загрязнения атмосферы доля автотранспорта составляет 13,3%).

Автомобиль выжигает значительное количество кислорода и выбрасывает в атмосферу эквивалентное количество диоксида углерода. В составе выхлопных газов автомобиля содержится около 300 вредных веществ. Основными загрязняющими атмосферу веществами являются оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота, сажа, свинец, диоксид серы. Среди углеводородов наиболее опасны бензо(а)пирен, формальдегид, бензол.

При работе автомобиля в атмосферу поступает также резиновая пыль, образующаяся вследствие стирания покрышек. При использовании бензина с добавлением соединений свинца автомобиль загрязняет почвы этим тяжелым металлом. Происходит также загрязнение водоемов при мытье автомобилей и при попадании в них отработанного машинного масла. Автомобили являются источником шумового загрязнения.

На производство автомобиля затрачивается много энергии и ресурсов, значительная часть которых невозобновима. Для передвижения автомобилей необходимы асфальтовые трассы, значительную площадь занимают гаражи и места парковок. Наибольший вред наносят личные автомобили, так как загрязнение среды при поездке на автобусе в пересчете на одного пассажира значительно меньше.

Автомобили (и другой транспорт, особенно трамваи) являются источником шумового загрязнения. Сильный шум производят тяжелые самосвалы. Шум влияет на нервную систему человека, и потому проводятся мероприятия по защите от шума. Транспортные магистрали, по которым осуществляются основные грузоперевозки, выносят из центральных частей городов и вдоль них создают зеленые насаждения, хорошо поглощающие шум.

Снижение отрицательного влияния автомобиля на окружающую среду – важная задача городской экологии. Самый радикальный способ решения вопроса – сокращение количества автомобилей. Однако количество личных автомобилей пока продолжает увеличиваться во всем мире. Так, за последние 5 лет количество автомобилей в России увеличилось на 29%, среднее количество автомобилей на 1000 россиян достигло 80 (в Москве – около 150; для сравнения: в США на 1000 человек приходится 590 автомобилей, в Швеции – 420, в Японии – 285, в Израиле – 145, в Южной Корее – 27, в Китае – 2 автомобиля).

Пока наиболее реальным вариантом решения проблемы является уменьшение вреда от автомобиля за счет снижения затрат горючего. Так, если сегодня средний легковой автомобиль потребляет 6–10 л бензина на 100 км пути, то уже созданы двигатели легковых автомобилей, которые расходуют всего 4 л. Японская компания «Тоета» готовит к выпуску модель автомобиля с расходом горючего 3 л на 100 км пути.

Загрязнение атмосферы автомобилем уменьшается также при замене бензина на сжиженный газ. Используют специальные добавки-катализаторы к жидкому топливу, что увеличивает полноту его сгорания, бензин без свинцовых добавок. Разрабатывают новые виды топлива. Так, в Австралии (г. Канберра) апробировано

экологически чистое топливо, в составе которого 85% дизельного топлива, 14% этилового спирта и 1% специального эмульгатора, повышающего полноту сгорания горючего. Проводят работы по созданию двигателей автомобиля из керамики, что позволит повысить температуру сжигания горючего и уменьшить количество выхлопных газов. В Японии и ФРГ уже появились автомобили, оборудованные специальными электронными устройствами, обеспечивающими более полное сжигание топлива.

В больших городах строятся объездные дороги для междугородных автобусов и грузового транспорта, а также подземные и надземные транспортные магистрали, поскольку особенно много выхлопных газов выделяется в атмосферу при возникновении «пробок» на перекрестках улиц. В ряде городов движение автомобилей организуется по типу «зеленой волны».

Во многих городах (например, в г. Куритиба, Бразилия) удалось достичь уменьшения пробега личных автомобилей за счет совершенной организации работы общественного транспорта. По этому пути идут Япония и Венгрия, которые отвергли «американский» путь решения транспортной проблемы преимущественно за счет личных автомобилей. Впрочем, и в США в ряде штатов поощряются совместные поездки соседей в одном автомобиле на работу.

Преодоление «автомобильной болезни» и сокращение количества личных автомобилей может быть достигнуто за счет повышения цены на автомобили, оборудованные электронными средствами контроля влияния на окружающую среду, и экологически ориентированной налоговой системы. Так, в США введен сверхвысокий «зеленый» налог на машинное масло.

Специальной задачей, особенно актуальной для России, является уменьшение числа устаревших автомобилей, которые продолжают использоваться и загрязняют среду больше, чем новые, а также утилизация автомобилей, поступающих на свалки.

В РФ важную роль должны играть экологические службы ГИБДД, контролирующие количество выхлопных газов автомобиля.

На рис. 96 показан экологический вред, который наносит автомобиль окружающей среде и непосредственно человеку.

Контрольные вопросы

1. В чем опасность автомобильного транспорта для городской экосистемы?
2. Как можно уменьшить отрицательное влияние автомобильного транспорта?

Справочный материал

В мире около 600 млн. автомобилей (а в Китае и Индии – 600 млн. велосипедов). В США автомобиль есть у каждого второго жителя, а в Африке на 1000 человек приходится 9 автомобилей, в Индии – 2, в Китае – 2, в России – 79.

Легковому автомобилю для сжигания 1 кг бензина требуется 2,5 кг кислорода. В среднем автолюбитель проезжает в год 10 тыс. км и сжигает 10 т бензина, расходуя 35 т кислорода и выбрасывая в атмосферу 160 т выхлопных газов, в которых обнаружено около 300 различных веществ, в том числе 800 кг оксида углерода, 40 кг оксидов азота, 200 кг углеводородов. Если бензин этилированный, – то еще и 3,5 кг свинца. Кроме того, каждый автомобиль, стирая шины, поставляет в атмосферу 5–8 кг резиновой пыли ежегодно.

Количество автомобилей в США в 10 раз больше, чем в странах СНГ и достигло 170 млн. (при населении около 250 млн. человек). Однако эти автомобили выбрасывают в атмосферу загрязняющих веществ только в 2 раза больше: американские автомобили в 5 раз чище наших. Тем не менее, американцы обеспокоены этим «автобезумием», ведь 25% диоксида и 67% оксида углерода, поступающих в атмосферу США при сгорании топлива, приходится на долю автомобилей (остальное – на другие виды транспорта и промышленные предприятия). Правительства штатов пытаются уменьшить экологический вред от автомобиля. В Южной Калифорнии принят закон, по которому владельцы предприятий, где работает свыше 100 человек, должны составлять специальный график работы, чтобы уменьшить число поездок автомобилей работников; практиковать работу на дому несколько раз в неделю; уменьшать число рабочих дней, увеличивая их продолжительность, поощрять поочередное использование группой сотрудников одного автомобиля. С водителей, появившихся в часы «пик» на загруженных магистралях, взимают особую плату, повышают налоги на бензин и пр. На большей части магистралей создают велодорожки.

Под колесами автомобилей гибнет огромное количество людей. Так, в России ежечасно на дорогах погибает 4 человека, что составляет 35 тыс. человек в год. Каждый год примерно 50 тысяч человек получают тяжелые увечья в этих авариях. В пересчете на 100 км автомобильных дорог по этим показателям наша страна является печальным рекордсменом вместе с Бразилией и Португалией. За время использования автомобильного транспорта в

США погибло почти 2 млн. человек, что в два раза больше числа американцев, погибших во всех войнах.

Уменьшается экологический вред от автомобиля при сборе и переработке отработанного машинного масла. В Москве при одном из нефтеперерабатывающих заводов создано производство по регенерации 50 тыс. т машинного масла в год. Возможно и повторное использование автопокрышек, на которые наваривается новый протектор.

Кроме обычных автомобилей на жидком (или сжиженном газовом) топливе в настоящее время разрабатывают все новые модели электро- и солнцемобилей. В России существует уже 5 марок электромобилей. Однако в ближайшие годы электромобили вряд ли будут играть заметную роль в мировом автомобильном парке, так как они неудобны и требуют частых подзарядок аккумуляторов, кроме того, для производства аккумуляторов нужно много свинца, который экологически небезопасен.

Лидерами в создании электромобилей являются Великобритания и Япония. Выпускаются развозные фургоны и легковые автомобили. Фургон «Бедфорд Лукас» имеет грузоподъемность 1 т, максимальную скорость 80 км/час и запас хода 100 км. Фирма «Тоета» выпускает более легкий фургон «НН-Асе» грузоподъемностью 200 кг, но с запасом хода 160 км. Лучший легковой электромобиль создан в Японии. Он развивает скорость 100 км/час и имеет запас хода 240 км. Разработкой проектов электромобилей занимаются и на Украине совместно со швейцарскими фирмами. Выпущен электромобиль (на базе малолитражного автомобиля «Таврия») «Таврия-Пингвин» с запасом хода 60 км. Разработана модель «Мастер» – городской коммунальный комплекс для уборки территории. Днепропетровская ассоциация «Экотранс» разработала проект «Концепт-Кара» – одноместного мини-автомобиля для города. Он будет иметь массу 200 кг, скорость 60 км/час, запас хода 100 км. В будущем широкое распространение получат минитракторы на электротяге для обслуживания городского хозяйства. (Рис. 97.)

Недостатком электромобиля является неизбежное загрязнение среды свинцом и цинком, которое происходит при производстве и переработке аккумуляторов. По этой причине развитие электромобильного транспорта во многом связано с прогрессом разработки новых типов аккумуляторов, обладающих меньшей массой и большей энергоемкостью.

Созданы варианты автомобилей, у которых аккумуляторы и электродвигатели сочетаются с двигателями внутреннего сгорания и солнечными батареями. Автомобили со смешанным типом

питания предполагается широко использовать в больших городах. При замедлении движения автомобиля энергия двигателя внутреннего сгорания расходуется на подзарядку аккумулятора, что уменьшает непроизводительный расход горючего и загрязнение окружающей среды выхлопными газами.

Разрабатываются также принципиально отличающиеся от электромобиля транспортные средства – гиробусы с так называемыми маховичными аккумуляторами, которые смогут от одной подзарядки до другой проходить 15 км. На станциях подзарядки для раскрутки маховика используются электрогенераторы.

(ДОП.) § 68. БЫТОВАЯ РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА

Бытовая радиационная нагрузка – воздействие на человека невысоких доз ионизирующего излучения, не связанного с производством ядерной энергии или специальным использованием радиоактивного излучения. Эта нагрузка может быть получена при использовании бытовых приборов (в первую очередь цветных телевизоров и часов со светящимся циферблатом, в которых использованы люминофоры), а также при рентгенологических обследованиях.

Предельно допустимой считается бытовая радиационная нагрузка в 500 мбэр/год, хотя есть мнение, что она не должна превышать 60 мбэр/год, так как при более высоких нагрузках повышается риск генетических поражений организма. При трехчасовом ежедневном сидении у цветного телевизора может быть получена годовая доза 15–20 мбэр, при однократном рентгенологическом обследовании органов пациент получает от 10 до 3000 мбэр (при рентгеноскопии радиационные нагрузки выше, чем при рентгенографии). По этой причине не следует засиживаться у экрана цветного телевизора и по возможности заменять рентгеноскопические обследования ультразвуковыми, которые не опасны для человека.

В состав бытовой радиационной нагрузки входит и естественная радиация – излучение, которое поступает из космоса или при распаде ядер радиоактивных изотопов, входящих в состав большинства горных пород и почвы. В среднем естественная радиация составляет 110 мбэр/год, в том числе лишь 20% составляет космическое ионизирующее излучение.

Серьезными «вкладчиками» в бытовую радиационную нагрузку могут быть печи, отапливаемые углем. При сжигании угля на электростанциях с высокими трубами количество

радиоактивной золы, выбрасываемой в атмосферу города, на единицу топлива оказывается в 50 раз меньше, чем при сжигании угля в небольших печах для отопления квартир, которые имеют низкие трубы.

В нижних этажах зданий уровень радиации может повышаться за счет радона, который выделяется из почвы, поэтому в условиях, в которых возможно накопление этого газа, постоянно контролируется его концентрация.

Нежелательно использовать для строительства жилых помещений или других зданий, где длительное время пребывают люди, строительных материалов с повышенной радиоактивностью (шлакобетонные блоки, мраморные и гранитные покрытия).

Поскольку живые организмы обладают способностью аккумуляции веществ, в том числе и радиоактивных изотопов, вклад в бытовую радиационную нагрузку могут вносить продукты питания. Повышенной радиоактивностью могут обладать морская (и даже речная) рыба, грибы, молоко.

Контрольные вопросы

1. В чем различие понятий «бытовая радиация» и «естественная радиация»?
2. Назовите основные источники бытовой радиации.
3. Как можно снизить дозу радиационной нагрузки, получаемой за счет бытовой радиации?

Справочный материал

Радиоактивность – это способность атомных ядер некоторых химических элементов и изотопов, называемых нуклидами, самопроизвольно распадаться с испусканием ионизирующего излучения, которое представляет собой либо электромагнитное излучение той же природы, что и свет, либо поток корпускул.

Активность ионизирующего излучения оценивается в единицах, называемых кюри (Ки) и бекерель (Бк, новая единица), которые связаны так: $1 \text{ Ки} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Бк}$. Чаще оценивается удельная активность радиоактивных материалов, отнесенная к единицам массы или объема (Бк/кг, Бк/л, Бк/куб. м и др.). Используется также показатель экспозиционной дозы ионизирующих излучений (как некий суммарный эффект) – рентген. Рентген близок по значению к единицам, измеряющим количество поглощенной энергии, – раду и бэру.

Радон – химический элемент (Rn), инертный радиоактивный газ, продукт распада радия. Наиболее опасен изотоп R-222 с периодом полураспада 3,8 суток. Радон выделяется из почвы и из артезианских вод, а также из некоторых строительных материалов (в первую очередь из тех, в состав которых входят шлак и зола угольных ТЭЦ, но источником радона может быть и красный кирпич). Чаще радон накапливается в нижних этажах зданий, которые по этой причине нуждаются в более тщательном радиационном контроле. (В небольших домах, стоящих непосредственно на земле, при их утеплении возникает воздушная тяга, способствующая поглощению радона из земли.) Предельно допустимым уровнем содержания радона в воздухе жилого помещения считается 200 Бк/м³, при котором человек получает 150 мбэр радиации в год. При превышении этой концентрации повышается риск соматических радиационных поражений, в первую очередь – рака легких.

По данным, опубликованным в США, в ближайшие годы от рака легких, вызванного радоном, погибнет один из 300 ныне живущих жителей этой страны. В России выявлено 37 районов, где концентрация радона значительно превышает ПДК. В России ежегодно от радона умирает 25 тыс. человек.

Вероятность развития рака от радона в 10 раз возрастает у курящих, так как эти факторы в своем пагубном влиянии на ткани легких усиливают друг друга.

Главное средство для снижения вреда от радона – периодическое проветривание жилых помещений.

§ 69. РАСТЕНИЯ В ГОРОДЕ

В каменные мешки городов Природа протягивает свои зеленые руки. Растения в городе необходимы, чтобы приспособить городскую среду для жизни человека. Чем зеленее город, тем менее пагубно сказываются на здоровье человека промышленное загрязнение.

Особенно эффективно улучшают городскую среду лесопарки и пригородные леса. Эти насаждения называют легкими городов. В них в процессе фотосинтеза поглощается диоксид углерода и выделяется кислород. Диоксида углерода в городской атмосфере всегда больше, чем в атмосфере сельских или лесных экосистем. Повышение его концентрации в городе происходит не только из-за большой скученности людей, но и потому, что в котельных ТЭЦ, в двигателях автомобилей сжигается углеводородное топливо.

Большую роль играют и искусственные древесные насаждения в городе: сады, парки, скверы, посадки деревьев вдоль улиц. В городах средней полосы России чаще всего выращивают тополь и американский клен. Экологически наиболее полезен тополь, который растет быстрее, чем другие деревья.

Чем больше листьев у дерева, тем оно полезнее для города – больше усваивает углекислого газа и задерживает пыли, уменьшает шум, выделяет кислород, увлажняет атмосферу, очищает ее от болезнетворных микроорганизмов выделением биологически активных веществ (фитонцидов). Поэтому стрижка деревьев для придания им красивого вида, с точки зрения эколога, нецелесообразна. Чем выше дерево и шире его крона, тем лучше.

Улучшают экологический режим города и зеленые ковры – газоны. Травостой газонов должен быть невысоким, густым и устойчивым к вытаптыванию. Лучшие газонные травы – овсяница красная, мятлик луговой, райграс многолетний.

Особый тип газонов – зеленые ковры, покрывающие поля стадионов и игровые площадки. Для таких газонов есть специальные смеси устойчивых к вытаптыванию трав. Стадионов, засеянных газонными травами, в России немного, чаще они покрыты спорышем (птичьей гречишкой, рис. 98). Это растение живет один-два года и легко размножается семенами, если нет конкуренции с другими видами. Спорыш очень устойчив к вытаптыванию.

Важную роль в городе играют сообщества рудералов – растений пустырей. Они первыми поселяются на новых местообитаниях (дорожные насыпи, обнаженная земля, кучи строительного мусора возле новых зданий и т.д.). Поэтому такую растительность еще называют пионерной. Польза от рудеральных растений в городских экосистемах бесспорна. Они способствуют закреплению поверхности, препятствуют ее размыванию или развеиванию ветром. Кроме того, рудералы, как и любые другие растения, усваивают диоксид углерода и продуцируют кислород. Многие из них (например, одуванчик) концентрируют тяжелые металлы и таким образом очищают от них почву.

Сады, скверы, газоны не только улучшают микроклимат и атмосферу города. Зеленый цвет оказывает самое благоприятное воздействие на психическое состояние человека. Без зелени однообразные стены высоких домов превращаются в «поля агрессивности», повышающие раздражительность горожанина.

Задача городской экологии – любыми способами увеличивать площадь зеленых насаждений. Поэтому там, где это возможно, нужно проводить вертикальное озеленение и разводить вьющиеся растения на балконах и вдоль стен. Деревья нужно сажать

езде, где они могут расти, особенно во дворах домов и на пустырях. Для того чтобы горожанам хорошо дышалось, по санитарным нормам на каждого из них должно приходиться 350 м² леса (в том числе 50 м² непосредственно в городе, остальное – в зеленой зоне вокруг него). Ни один из промышленных городов России пока не имеет такого количества леса.

Контрольные вопросы

1. Какие основные типы зеленых насаждений используют в городе?
2. Как влияет древесная растительность на экологическую среду города?
3. Какую роль в городе играют рудеральные растения?

Справочный материал

Опадающие листья деревьев в городе насыщены тяжелыми металлами и другими вредными веществами. Их нельзя сжигать (тогда все поглощенное листьями вернется в атмосферу) и, тем более, использовать на корм скоту, а нужно вывозить из города для захоронения.

Среди рудеральных растений есть и вредные. Так, расселяющаяся в степной зоне амброзия, проникает в города юга России (Ростов, Ставрополь, Оренбург и др.) и заселяет старые газоны с редким травостоем и пустыри. В период цветения пыльца растения разносится ветром и вызывает у людей аллергические заболевания (поллинозы). Пропалывать амброзию бесполезно, она вырастет снова из попавших в почву семян. Чтобы избавиться от амброзии, нужно засеять эти участки газонными злаками. Амброзия не выдерживает конкуренции с ними и исчезает.

(ДОП.) § 70. ЭКОСИТИ

Экосити – идеальный экологический город, который находится в равновесии с окружающей средой. В экосити все здания невысокие, спроектированы в соответствии с требованиями экологии (энергосбережения, ресурсосбережения, минимального загрязнения окружающей среды) и радуют глаз разнообразием форм, много зелени, транспорт экологичен. Энергия на коммунальные нужды расходуется экономно за счет когенерирования (приближения небольших источников электроэнергии к потребителям), использования солнечной энергии и энергосбережения (особенно за счет теплоизоляции стен зданий).

Значительная часть сооружений (включая транспортные магистрали) переносится под землю, что высвобождает место для дополнительных гектаров зеленых насаждений. Для строительства не используются строительные материалы, обладающие высокой радиоактивностью (шлакоблоки и др.) или выделяющие в воздух загрязняющие вещества (шифер и др.). За пределы жилой зоны вынесены предприятия и склады. Подобиями экосити, «пустившими природу в город», являются небольшие города без промышленности – Оксфорд, Кембридж, Тарту, Новосибирский академгородок, Пущино-на-Оке и др.

Сторонники экосити планируют экологическую реставрацию уже существующих городов и строительство новых экосити с населением несколько десятков тысяч человек.

Несмотря на привлекательность, концепция экосити утопична. При сложившейся демографической ситуации в экосити можно расселить только небольшую часть горожан. Мегалополисы и крупные города невозможно превратить в экосити, можно лишь улучшить условия жизни горожан за счет использования принципов экологической архитектуры.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику экосити.
2. Почему экосити не могут стать основным типом городских поселений?

(ДОП.) § 71. КВАРТИРА КАК ЭКОСИСТЕМА

Квартира – это гетеротрофная экосистема, напоминающая город в миниатюре. Как и город, она существует за счет поступления энергии и ресурсов, так как ее главные обитатели – люди и животные, живущие вместе с ними, гетеротрофы.

Автотрофы в квартире – это комнатные растения (цветы в горшках, петрушка в ящике на подоконнике, несколько стебельков водных растений и микроскопический планктон в аквариуме). Растения в квартире играют эстетическую и гигиеническую роль: улучшают наше настроение, увлажняют атмосферу и выделяют в нее полезные вещества – фитонциды, убивающие микроорганизмы. Существует специальная наука – фитодизайн (дизайном называется вид инженерной конструкторской деятельности для придания промышленным изделиям привлекательного вида) – умение создать красивый интерьер, изящно расположив на подоконнике, стенах или специальных подставках, стойках, пирамидах различные комнатные

растения. Чем больше в комнате растений, тем чище атмосфера, тем больше в ней кислорода и меньше микроорганизмов. (Рис. 99.)

Комнатный воздух хорошо очищает хлорофитум, выделяет в воздух много фитонцидов герань.

Фауна квартиры. Кроме кошек, собак, волнистых попугайчиков, хомяков, рыбок в аквариуме в домах живет не менее двух десятков видов животных, поселившихся в квартирах помимо воли человека. Из млекопитающих – это мыши и крысы, а в деревянных домах, кроме того, и обыкновенные полевки. Грызунов особенно много в складских помещениях, начиная с чуланов и кончая большими продуктовыми складами. Чем больше еды, тем они быстрее размножаются, и потому главный способ контроля численности – лишить грызунов питания. Существуют специальные препараты, которыми отравляют крыс и мышей, и механические средства борьбы с ними (мышеловки).

В домах поселилось множество разных насекомых. Самыми обычными насекомыми в квартирах стали различные моли (мебельная, платяная и шубная). Сегодня практически нет химического вещества, которого бы она «боялась». Моль быстро приспосабливается к новым препаратам и может есть носки и шапки, пересыпанные нафталином, табаком, лавандой. Моль предпочитает шерстяные вещи с запахом пота. Поэтому их хорошо проветривают и хранят завернутыми в свежие газеты (типографской краски моль не боится, но не любит) или в закрытых полиэтиленовых пакетах.

В некоторых домах живут клопы – паразиты человека. Они могут заползать в дом по проводам, не боятся мороза. Клопы не выносят горячей воды, керосина и некоторых других химических веществ (дихлофос, карбофос и др.), поэтому бороться с ними проще, чем с молью.

Иногда в квартирах появляются вши и блохи, но от этих насекомых несложно избавиться, если соблюдать гигиенические правила. В годы Великой Отечественной войны, когда не хватало мыла, вши становились переносчиком опасных заболеваний, таких, как тиф.

В квартирах могут жить и микроскопические клещи, вызывающие чесотку или разнообразные аллергические заболевания: бронхиальную астму, ринит, конъюнктивит, дерматозы. Основное место их обитания – перо подушек, матрацы и покрывала, а также старая мебель, ковры, мягкие игрушки. Есть они и на одежде людей, живущих в зараженных квартирах.

Хорошо «встроились» в экосистему квартиры тараканы – черные и рыжие («прусаки»). Бороться с ними можно

поддерживанием чистоты: хранить продукты в плотно закрывающихся банках, замазывать щели, по которым эти «квартиранты» ходят из комнаты в комнату или из квартиры в квартиру. Использовать против тараканов ядовитые препараты опасно для человека. Биологи разработали безопасный для людей способ борьбы с тараканами – использование препаратов, которые действуют на их систему размножения. Попробовавшие эти препараты тараканы не дают потомства.

К числу обычных обитателей квартиры относятся также и жучки, разводящиеся в муке или крупах. Для защиты от них продукты нужно хранить в плотно закрытых банках, поместив туда несколько долек чеснока. Можно хранить продукты в холщовых мешочках, предварительно прокипяченных в течение 30 минут в насыщенном растворе соли.

В квартирах много животных, которые проводят в них только часть своего времени. Главные из них летом – это комнатные мухи, опасные тем, что могут переносить болезнетворные микроорганизмы. Личинки зеленых и синих мясных мух могут уничтожить оставленные ненадолго открытыми рыбу и мясо. Борьба с мухами несложна: на окна натягивают сетки, а попавших в квартиру насекомых уничтожают хлопучками, ловят на клейкие ленты.

В последние годы в квартирах появились комары, причем не только те, что залетают с улицы, но и те, которые постоянно живут и плодятся в подвалах и других сырых местах. Этот домовый комар столь мал, что не удается почувствовать, как он садится на тело, а укусы его болезненны. Бороться с комарами можно, только ликвидировав их экологические ниши — течи из труб и влажные места в подвалах.

Только в квартирах живут крошечные желтые фараоновы муравьи, питающиеся остатками еды человека.

Загрязнение воздуха. Источником загрязнения могут быть ядовитые выделения синтетических смол, которыми пропитаны древесностружечные плиты (из них сделана мебель), испарения химических покрытий пола – линолеума и пленки ПВХ, продукты сгорания газа в газовых печах и плитах. Опасно для здоровья загрязнение воздуха табачным дымом.

В каждом случае нужно принимать конкретные меры, чтобы снизить концентрацию вредных загрязнителей в воздухе комнаты. Мебель из древесностружечных плит покрывают краской и лаками, которые снижают выделения вредных веществ, линолеум не используют в спальнях, над газовыми плитами устанавливают вытяжные приборы, которые собирают несгоревшие

остатки. И, конечно, для уменьшения загрязнения атмосферы комнаты проветривают. Очищают воздух и некоторые комнатные растения.

Много пыли накапливается на книгах. Поэтому их нужно регулярно чистить пылесосом и, по возможности, держать в застекленных полках и шкафах. Накапливают пыль и ковры, особенно если по ним ходят в той же обуви, что и по улице (переобуваться в домашнюю обувь нужно обязательно). Ковры нужно регулярно чистить пылесосом или выбивать на улице палкой, хорошо очищает от пыли снег. Один из основных загрязнителей — ворс, падающий с постельного, нательного белья и верхней одежды в процессе износа. Источником опасного загрязнения является старый поролон в креслах и диванах, который разрушается и загрязняет воздух мельчайшими частицами. Поролон необходимо заменять каждые 5–7 лет.

Энергосбережение и ресурсосбережение. Как в миниатюрный город, в экосистему квартиры энергия поступает извне – в виде электричества, газа, горячей воды. По водопроводным трубам в квартиру поступает вода. Человек, основной обитатель квартиры, приобретает различные вещи и продукты для питания. Как в городской экосистеме, так и в экосистеме квартиры, очень важно уменьшать потребление ресурсов и особенно энергии. Уменьшает потребление ресурсов любая аккуратная хозяйка, у которой не портятся продукты; за счет своевременного ремонта и аккуратного обращения подолгу носится одежда и долго служит бытовая техника; исправны водопроводные краны и сливные бачки.

Экономия энергии в квартире может быть очень эффективной. Если не горят лишние электролампочки, при открывании холодильника из него быстро извлекают нужные продукты, ограниченное число часов работает телевизор, то экономия электроэнергии будет существенной. Важно экономить тепло, утепляя двери и окна. Экономия газа возможна при использовании газовых плит и колонок.

Проблема отходов. Из отходов, которые образуются в каждой квартире, формируется огромная масса бытовых отходов города на свалках и значительная часть городских стоков. В таких странах, как ФРГ или Швеция, квартирные отходы сам хозяин разделяет на фракции — бумага, органические остатки пищи, пластмасса и т.д., складывает в контейнеры разных цветов и облегчает в дальнейшем их переработку. В России такая сортировка бытовых отходов пока не организована.

Контрольные вопросы

1. Почему экосистема квартиры может быть названа «городом в миниатюре»?
2. Какие растения выращивают в квартире?
3. Какие животные составляют фауну квартиры?
4. Какие источники загрязнения воздуха имеются в квартире?
5. Как можно экономить ресурсы и энергию?

Справочный материал

Некоторые комнатные растения используются как лекарственные средства (например, алоэ и коланхоэ, листья которых прикладывают к нарывам, а сок принимают внутрь при различных внутренних болезнях), от выращенного на подоконнике лука мы получаем витамины и фитонциды.

Электромагнитное загрязнение (электрический смог) представляет немалую опасность для здоровья обитателей современной квартиры, напичканной электроприборами и устланной синтетическими коврами, ходьба по которым заряжает человека статическим электричеством. Все это служит причиной головной боли. Бывали даже случаи, когда такой наэлектризованный жилец, сев за компьютер, стирал всю информацию из его памяти. В особенности опасен электросмог в спальне, где не следует размещать телевизоры и даже электронные будильники.

Вынужденное вдыхание табачного дыма некурящими называется пассивным курением. Оно наносит большой вред здоровью, так как в дыме, который куритель не вдыхает, многие токсичные вещества могут содержаться в более высоких концентрациях, чем в дыме, вдыхаемом курящим. При затяжке температура в зоне горения сигареты резко повышается, а снабжение кислородом оказывается достаточным для полного сгорания табака. При этом, если куритель потребляет дым, отфильтрованный сигаретным фильтром, то контактирующие с ним в момент курения некурящие получают продукты сгорания дыма сигареты без какой-либо очистки.

Чтобы сберечь энергию при использовании электроплит, нужно правильно подобрать кастрюли. Дно кастрюли должно быть совершенно ровным и совпадать по диаметру с конфоркой, так как, если оно выпуклое или грязное, контакт дна и конфорки уменьшается, и время нагрева увеличивается. Экономить электроэнергию можно, если после того, как кастрюля нагреется, уменьшить мощность. В Западной Европе и особенно в Японии, где

энергия очень дорогая, применяют «башенный» способ приготовления пищи: кастрюля на кастрюле. В верхней кастрюле распаривают горох, фасоль, подогревают вторые блюда.

В Японии созданы СВЧ-печи размером с холодильник, в которых ночью, когда энергия дешевле, сжигают домашний мусор.

Пример одного из вариантов экологически организованного жилища приводит Т. Миллер, автор трехтомника «Жизнь в окружающей среде». Для устройства своего дома он использовал списанный школьный автобус (экономия строительного материала, использование вторичного сырья), который обшил досками и установил на теплоизолирующий фундамент. Колеса от автобуса были проданы. Для обогрева своего жилища Миллер использует солнечные элементы и тепловые коллекторы, а для его охлаждения в жаркое время – холодный воздух, который гонится вентилятором из труб, закопанных в землю на глубину 5,5 м. В перспективе Миллер собирается установить на крыше своего дома такое количество солнечных батарей, которое позволит не только обеспечивать дом электричеством, но еще и продавать его. Для освещения жилища используются лампочки в 2,5 раза более экономичные, чем обычные, и служат они не менее 5 лет. Используется туалет с малым расходом воды. Все органические отходы компостируются и используются как удобрение. Бумага сдается на переработку. Старые вещи не выбрасываются, а бесплатно раздаются нуждающимся. Свою «экологическую берлогу» Миллер постоянно совершенствует с целью снижения расходов энергии и ресурсов на ее обеспечение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Городские экосистемы – это «дети цивилизации» и «паразиты» биосферы. В городах процессы поглощения и преобразования солнечной энергии и ресурсов атмосферы и почвы органическое вещество незначительны. Города живут за счет энергии, поступающей из промышленных экосистем (энергетического комплекса), и ресурсов, которые импортируются из других экосистем, в первую очередь – сельскохозяйственных. Продукция города не биологическая, а промышленная и информационная (печатные издания, теле- и радиопередачи и др.). Кроме того, нежелательной «продукцией» городов является огромное количество жидких, газообразных и твердых бытовых отходов и целый «букет» физического загрязнения – шумового, электромагнитного, радиационного, а также видеозагрязнения. В

городских экосистемах невозможно формирование экологического равновесия.

И тем не менее, отказаться от городов человечество не может, более того, во всем мире все активнее идет процесс урбанизации. И поэтому главная задача экологии – уменьшить вредное влияние городов на естественные и сельскохозяйственные экосистемы и обеспечить в них условия для жизни основного консумента этой искусственной экосистемы – человека. При этом не удастся расселить горожан в экосистемы. От крупных городов и многомиллионных мегаполисов избавиться нельзя, однако их можно экологически благоустроить.

Трудной проблемой городской экологии является уменьшение влияния автомобильного транспорта на атмосферу. Решить ее можно, уменьшив роль личного транспорта и улучшив качество самих автомобилей (снизить нормы потребления горючего и выбросов в окружающую среду). Проблемой является и уменьшение количества бытовых отходов, их переработка и хранение на оборудованных городских свалках.

Большую роль в смягчении влияния негативных факторов городской среды на человека играют растения. Зеленые насаждения улучшают микроклимат, очищают воздух от загрязняющих веществ, благотворно влияют на психическое состояние горожан.

Экология города начинается с экологии квартиры. В каждой квартире можно много сделать для того, чтобы снизить уровень загрязнения (и химического, и электромагнитного), более экономно расходовать ресурсы и энергию, уменьшить количество бытовых отходов.

В России в городах проживает примерно 70% населения, значит, из трех школьников, которые читают этот учебник, двое – горожане, а третий хоть и живет в селе, часто бывает в городе. Поэтому знать основы экологии города нужно каждому.

Индивидуальное задание

Темы рефератов:

1. Почему нельзя расселить население планеты в экосистемы?

Рассмотрите тенденцию урбанизации населения мира и отдельных стран (в том числе и России), постарайтесь найти данные для характеристики урбанизации в вашем регионе. Прикиньте, какая площадь приходится на одного горожанина в экосистеме (для этого можно взять площадь участка вокруг коттеджа) и рассчитайте, какую площадь заняли бы экосистемы при таком варианте расселения горожан в вашем регионе.

2. Если бы я был мэром.

Опишите план действий по улучшению экологии города в ситуации, если бы вас выбрали мэром. Опишите все основные сферы своей деятельности по экологическому благоустройству города – транспортному хозяйству, озеленению, экологизации производства в городской черте, утилизации бытовых отходов.

В качестве основной литературы используйте книги Б. Небела, П. И Ч. Ревеллей, Т. Миллера, а также Т.К. Горышиной «Растения в городе» (М.: Изд-во ЛГУ, 1991). Поможет вам и учебник Г.С. Камериловой «Экология города: урбоэкология» (М.: Просвещение, 1997).

Глава 13. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Промышленные экосистемы – это территории предприятий с находящимися там производственными мощностями, окружающей средой, человеком и другими организмами. Промышленные экосистемы могут входить в состав городских экосистем или быть самостоятельными экосистемами (предприятия горнодобывающей и нефтяной промышленности, электростанции, хранилища отходов и др.). Из всех социоприродных экосистем промышленные – наиболее социальные и наименее природные. Управление промышленными экосистемами, как правило, представляет собой комплекс технологических задач совершенствования производства с целью экономии ресурсов и энергии и уменьшения вреда окружающей среде.

§ 72. ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ

В экологии понятие «загрязнение» имеет более широкое значение, чем в быту. Загрязняющими факторами называют не только твердые, жидкие и газообразные вещества, но и электромагнитное излучение, тепло, шум.

Химическое загрязнение атмосферы. Этот фактор относится к числу наиболее опасных для жизни человека. В атмосферу попадают сотни веществ, которые отсутствовали в природе. Все загрязняющие вещества по степени опасности разделены на 4 класса. К первому классу относятся самые опасные вещества, например, соединения ртути, ко второму – хлор, к третьему – монооксид азота и оксиды серы, к четвертому – оксид углерода. Ущерб, наносимый веществами первого класса вредности, в тысячи раз больше, чем от веществ четвертого класса.

Наиболее часто атмосферу загрязняют сернистый газ (его выбрасывают городские ТЭЦ, работающие на угле или мазуте, в которых много серы), оксиды азота, оксид углерода (угарный газ), хлор, формальдегид, фенол, сероводород, аммиак и др. В некоторых случаях из двух или нескольких относительно не опасных веществ, выброшенных в атмосферу, под влиянием солнечного света могут образоваться ядовитые соединения. Экологи насчитывают около 2000 загрязняющих атмосферу веществ.

Главные источники загрязнения – тепловые электростанции. Менее опасны станции, работающие на газе, более – на угле. Сильно загрязняют атмосферу также котельные и домашние печи, которые топят углем, нефтеперерабатывающие предприятия и автотранспорт.

Химическое загрязнение водоемов. Предприятия сбрасывают в водоемы нефтепродукты, соединения азота, фенол и многие другие отходы промышленности. При добыче нефти водоемы загрязняются засоленными водами, нефть и нефтепродукты разливаются также при транспортировке. В России от нефтяного загрязнения более всего страдают озера Севера Западной Сибири. За последние годы возросла опасность для водных экосистем бытовых стоков городской канализации. В этих стоках повысилась концентрация моющих средств, которые микроорганизмы разлагают с трудом.

Пока количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу или сбрасываемых в реки, невелико, экосистемы сами в состоянии справиться с ними. Вредные вещества накапливаются в растениях, оседают на дне озер и участков реки с медленным течением, их разлагают микроорганизмы. При умеренном загрязнении вода в реке становится практически чистой через 3–10 км от источника загрязнения. Если загрязняющих веществ слишком много, экосистемы не могут с ними справиться. Вода становится непригодной для питья и опасной для человека. Не годится загрязненная вода и для многих отраслей промышленности.

Загрязнение поверхности почвы твердыми отходами. Городские свалки промышленного и бытового мусора занимают большие площади. В составе мусора могут оказаться ядовитые вещества, такие, как ртуть или другие тяжелые металлы, химические соединения, которые растворяются в дождевых и снеговых водах и затем попадают в водоемы и грунтовые воды. Могут попасть в мусор и приборы, содержащие радиоактивные вещества.

Для уменьшения отрицательного влияния промышленных свалок на экологические условия города мусор сортируют по степени вредности. Наиболее вредные отходы вывозят далеко за

пределы города и там хранят в бетонированных мусоросборниках. Многие ядовитые отходы с развитием технологии могут стать сырьем для химической переработки. Бытовой мусор и часть отходов химических предприятий поступают на мусороперерабатывающие заводы.

Поверхность почвы может быть загрязнена золой, оседающей из дыма ТЭЦ, работающих на угле, предприятий по производству цемента, огнеупорного кирпича и т.д. Для предотвращения этого загрязнения на трубах устанавливают специальные пылеуловители.

Загрязнение поверхности почвы отвалами вскрышных пород, шлаков и золы. Это загрязнение связано с горными разработками, особенно при добыче полезных ископаемых не в шахтах, а открытым способом, когда раскапывают огромные территории и создают карьеры. На дне карьеров работают экскаваторы и большегрузные самосвалы. Чтобы добраться до залежей руды и угля, приходится перемещать огромные объемы вывезенной из карьера пустой породы, образующей искусственные горы в десятки и сотни метров высотой. Такие же горы из золы и шлака возникают вокруг металлургических предприятий и тепловых электростанций, работающих на угле. Образование больших отвалов пустой породы часто связано с тем, что из руды извлекают одно вещество (например, медь). Если извлекают большее число полезных веществ, то объем отвалов уменьшается.

Чтобы уменьшить вред отвалов для окружающей среды, проводят их рекультивацию. Горы разравнивают бульдозерами (инженерная рекультивация), покрывают слоем почвы, сеют многолетние травы или сажают лес (биологическая рекультивация). Многие достаточно плодородные отвалы пустой породы зарастают лесом сами (происходит сукцессия растительности). Иногда на землях, занятых отвалами, разбивают сады. Садоводы привозят почву и навоз и затем выращивают на таких участках овощи и фрукты.

Химическое загрязнение грунтовых вод. Токи грунтовых вод перемещают загрязняющие вещества на большие расстояния, и не всегда можно установить их источник. Причиной загрязнения может быть вымывание токсичных веществ дождевыми и снеговыми водами с промышленных свалок. Загрязнение подземных вод происходит и при добыче нефти современными методами, когда для повышения отдачи нефтяных пластов в скважины повторно закачивают соленую воду, поднятую на поверхность вместе с откачанной нефтью. Засоленные воды попадают в водоносные горизонты, вода в колодцах приобретает горький вкус и оказывается

непригодной для питья. Этот тип загрязнения грунтовых вод приобрел опасные масштабы в Татарстане и Башкортостане.

Химическое загрязнение почв. Основными источниками химического загрязнения почв являются промышленность и транспорт. Если автомобили используют бензин, содержащий свинец, то почвы вдоль дорог загрязняются этим токсичным металлом, выбрасываемым с выхлопными газами. Особенно сильно это загрязнение в местах, где дорога идет на подъем: моторы работают напряженно и сгорает больше топлива.

Почвы загрязняются серой при выпадении кислотных дождей. Из-за этих дождей увеличивается кислотность почвы, что ухудшает рост многих растений, особенно древесных. Кислотные дожди снижают и урожаи сельскохозяйственных культур. В районах нефтепромысла (например, на Тюменском Севере) почвы загрязняются нефтепродуктами при их добыче и транспортировке.

Биологическое загрязнение. Вода, почва и продукты питания могут быть загрязнены бактериями, в том числе болезнетворными. Источниками биологического загрязнения могут быть попавшие в реку плохо очищенные стоки мясокомбината и других предприятий, где в отходах много органических веществ, которые могут быть субстратом для массового развития бактерий. Особенно опасны трупы животных, умерших от заразных болезней. Так, споры возбудителя сибирской язвы в почве сохраняют жизнеспособность до 30 лет и более. Для предотвращения биологического загрязнения проводят очистку стоков. Биологическое загрязнение контролируют специальные санитарно-эпидемиологические службы.

Тепловое загрязнение. В соответствии со вторым законом термодинамики при использовании энергии для нужд промышленности или для бытовых целей часть ее неминуемо рассеивается и превращается в тепловую энергию. Чем больше используется энергии, тем больше ее переходит в тепло, хотя за счет повышения коэффициента полезного действия двигателей внутреннего сгорания и любых других устройств, где сжигается горючее, человек стремится уменьшить долю энергии, которая бесцельно (и часто с вредными последствиями) рассеивается в окружающую среду и нагревает атмосферу и воду. Большой вклад в тепловое загрязнение атмосферы вносят «факелы» химических предприятий, в которых сжигают те фракции горючих веществ, которые не удается использовать. Горят «факелы» и близ нефтяных скважин, на них сжигают попутный газ, который можно использовать. Рассеивание тепла увеличивается из-за плохой изоляции отапливаемых помещений. В результате теплового

загрязнения в крупных городах температура атмосферы на 4–5 градусов выше, чем в сельской местности.

Тепловое загрязнение водоемов усиливает их эвтрофикацию.

Радиационное загрязнение. Такое загрязнение возможно в результате аварий или небрежного хранения отходов на АЭС, при взрывах атомных зарядов для создания подземных хранилищ или при производстве ядерного оружия. Радиацией загрязнены огромные территории вокруг мест крупнейших аварий – Чернобыльской и Кыштымской. Радиационное загрязнение возможно при попадании на свалки старых приборов, содержащих радиоактивные изотопы. Такие приборы часто применяют в промышленности, научных лабораториях, медицине. Радиоактивные вещества из отслуживших приборов или приборы целиком должны храниться в специальных хранилищах, где их радиация не приносит вреда окружающей среде и человеку.

Электромагнитное загрязнение. Высоковольтные линии электропередачи, крупные радио- и телевизионные станции, радиолокационные приборы и т.п. формируют электромагнитные поля. Это загрязнение оказывает сильное влияние на живые организмы, причем рост некоторых растений ускоряется (на этом основаны методы стимулирования прорастания семян и роста растений обработкой семян токами высокой частоты). Однако на здоровье человека электромагнитные излучения сказываются отрицательно, и потому долгое пребывание в электромагнитном поле высокой энергии недопустимо. Вблизи высоковольтных линий электропередачи нельзя располагать дачные участки, а туристам – ставить палатки. Электромагнитное загрязнение мешает принимать радиопередачи, может вывести из строя приборы, например, компас.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды загрязнения городских и промышленных экосистем.
2. Расскажите о химическом загрязнении среды.
3. Какие типы физического загрязнения среды вы можете назвать?
4. Какие типы загрязнения наиболее опасны в вашем городе (или в городе, ближайшем к вашему селу)?

Справочный материал

Лишь 1% сырья, которое добывает человек, используется, а остальное превращается в отходы, загрязняющие среду.

Если принять загрязненность воздуха над океаном за единицу, то над селами она выше в 10 раз, над небольшими городами – в 35 раз, а над большими городами и промышленными объектами – в 150 раз. Толщина слоя загрязненного воздуха над городом составляет 1,5–2 км.

Вредные вещества, выходящие из дымовой трубы высотой 100 м, рассеиваются в радиусе 20 км, высотой 250 м – до 75 км. Труба-чемпион построена на медно-никелевом комбинате в г. Садбери (Канада) и имеет высоту более 400 м.

Сера, в огромном количестве выбрасываемая тепловыми электростанциями, – это ценнейшее сырье для промышленности. Ее используют в 88% промышленных изделий. На изготовление одного автомобиля требуется 14 кг серы, для получения 1 т целлюлозы – 100 кг и т.д. Таким образом, улавливание серы из промышленных выбросов – это не только сохранение чистоты атмосферы, но еще и получение дополнительного сырья.

Выбросы оксидов серы в странах Европы за последние 20 лет в целом сократились с 65 до 40 млн. т в год, а в остальных странах (включая Россию, Китай, Индию) увеличились с 48 до 59 млн. т. В целом ситуация с загрязнением биосферы оксидами серы практически не улучшилась.

В России основными отраслями промышленности, загрязняющими атмосферу, являются электроэнергетика (29,1%), цветная металлургия (22), черная металлургия (14,6), нефтедобыча (9,3), нефтепереработка (5,1%), а загрязняющими воды – электроэнергетика (21,1%), химическая промышленность (18,1), деревообработка (17,8), черная металлургия (9,9), машиностроение (8), угольная промышленность (6,4), цветная металлургия (5,5%).

В 1999 г. в 31 городе России с населением 17,5 млн. человек уровень загрязнения в 10 превысил норму. Наиболее опасными загрязняющими веществами являются бенз(а)пирен, диоксид азота, формальдегид, пыль. В Европейской части России и на Урале в среднем в течение года на 1 км² выпадает из атмосферы свыше 450 кг загрязняющих веществ.

В ближайшие годы Газпром планирует перевести с природного газа на уголь и мазут 38 ГРЭС и ТЭС, которые обеспечивают электроэнергией наиболее густо населенные районы европейской части России. Эта экономическая мера существенно ухудшит экологическую ситуацию в стране. Поскольку продукты сгорания мазута в 3 раза токсичнее, чем природного газа, а угля – в 10–50 раз, произойдет значительное повышение уровня загрязнения атмосферы. В 2,6 раза возрастут выбросы диоксида серы, в 1,2 – оксидов азота, в 1,3 – золы, в 2,5 – свинца, в 3 раза – кадмия. Это не

только отрицательно скажется на здоровье населения, но и вызовет подкисление и снижение плодородия почв в Нечерноземье.

Загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу трубами промышленные предприятий, могут распространяться в направлении господствующих ветров на 50 км, хотя их основная масса оседает на почвы в пределах 8-10 км. Эта зона вокруг заводов нефтехимического комплекса и ТЭЦ опасно загрязнена и в большинстве случаев не может использоваться для сельскохозяйственных нужд или пригородного садоводства. На расстоянии до 3 км загрязнение почвы вызывается оседанием паров углеводородов вокруг прудов-отстойников нефтехимических предприятий. Загрязнение почвы вызывается также процессом добычи и обогащения руд цветных металлов. Наиболее устойчивым является загрязнение почвы тяжелыми металлами.

При разливе нефть обволакивает почвенные частицы, из за чего почва не смачивается водой, гибнут бактерии и грибы, растения не получают необходимого питания. При низких уровнях нефтяного загрязнения почв преодолеть его последствия помогает внесение удобрений, стимулирующих развитие микроорганизмов и растений. При больших дозах и длительных сроках загрязнения в почве происходят необратимые изменения – она превращается в асфальтоподобную массу. Тогда наиболее загрязненные слои приходится удалять.

20 лет назад в США утилизация и захоронение 1 кг промышленных отходов стоили 2 доллара, а теперь – 100, например, захоронение 1 л органического растворителя стоит больше, чем его производство.

В связи с окончанием «холодной» войны большие проблемы возникли с хранением и переработкой взрывчатых и отравляющих веществ. В 1945—1947 гг. «лишние» боеприпасы в контейнерах были затоплены странами антигитлеровской коалиции в Балтийском море (в том числе много отравляющих веществ). Если эти контейнеры разрушатся, произойдет экологическая катастрофа и экосистема моря практически погибнет. В настоящее время взрывчатые и отравляющие вещества перерабатывают на специальных предприятиях, из большинства таких веществ получают мирный продукт – азотное удобрение.

На большинстве предприятий России токсичные отходы производства или сбрасывают в водоемы, отравляя их, или накапливают, не перерабатывая, нередко в огромных количествах. Эти скопления смертоносных отходов можно назвать «экологическими минами», при прорыве дамб они могут оказаться в водоемах. Пример такой «экологической мины» – Череповецкий

химический комбинат «Аммофос». Его отстойник занимает площадь 200 га и содержит 15 млн. т отходов. Дамбу, которая огораживает отстойник, ежегодно поднимают на 4 м. К сожалению, «череповецкая мина» – не единственная.

Радиоволны низких и средних частот (длиной до 100 м) практически не влияют на здоровье человека, радиоволны высоких и ультравысоких частот (УВЧ) (длина волн от 100 м до 10 см) от мощных радио- и телевизионных станций опасны в радиусе до 300 м. Радиоволны сверхвысоких (длина волны 10 см – 1 мм) и гипервысоких частот (1–0,1 мм), которые используются в радарх, действуют только на биологические объекты, в том числе и на человека, оказавшиеся в зоне сфокусированного луча. Таким образом, теле- и радиостанции не причиняют нам большого вреда. Тем не менее, по санитарно-гигиеническим нормам современного градостроительства их размещают за городом. Из этих же соображений не монтируют в городах и системы радиорелейной связи.

§ 73. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕДА ОТ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Самый распространенный вид загрязнения – химический. Существует три основных способа уменьшения вреда от него.

Разбавление. Даже очищенные стоки необходимо разбавлять в 10 раз (а неочищенные – в 100–200 раз). На предприятиях сооружают высокие трубы, чтобы выбрасываемые газы и пыль рассеивались равномерно. Разбавление – малоэффективный способ уменьшения вреда от загрязнения, допустимый лишь как временная мера.

Очистка. Сегодня в России это основной способ уменьшения выбросов вредных веществ в окружающую среду. Однако в результате очистки образуется много концентрированных жидких и твердых отходов, которые также приходится хранить.

Замена старых технологий новыми – малоотходными. За счет более глубокой переработки сырья удается снизить количество вредных выбросов в десятки раз. Отходы от одного производства становятся сырьем для другого (например, из сернистого газа, выбрасываемого ТЭЦ, производят серную кислоту).

Образные названия этим трем способам уменьшения загрязнения окружающей среды дали экологи ФРГ: «удлини трубу» (разбавление и рассеивание), «заглуши трубу» (очистка) и «завяжи трубу узлом» (малоотходные технологии). Немцы восстановили экосистему Рейна, который долгие годы был сточной канавой, куда

сбрасывались отходы промышленных гигантов. Это удалось сделать только в 80-е годы, когда, наконец, «завязали трубу узлом». Во Франции восстановлена экосистема реки Сены, в Англии – Темзы.

Некоторое улучшение экологической ситуации в России достигнуто в основном благодаря улучшению работы очистных сооружений и падению производства. Дальнейшего уменьшения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду можно добиться, если внедрить малоотходные технологии. Однако, чтобы «завязать трубу узлом», необходимо обновление оборудования на предприятиях, что требует очень больших вложений и потому будет проводиться постепенно.

Контрольные вопросы

1. Как можно уменьшить влияние на среду промышленного загрязнения?
2. Почему «рассеивание» и «разбавление» выбросов и стоков экологически опасно?
3. Как удалось улучшить экологическую ситуацию на реке Рейн в ФРГ?

(ДОП.) § 74. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Абсолютно вредных веществ нет. Любое загрязняющее вещество в невысокой дозе практически безвредно. Такие обычные загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу промышленностью, как оксиды углерода, серы и азота, в невысоких концентрациях всегда присутствовали в ней. В воде и почве всегда есть тяжелые металлы. Любая почва или горная порода обладают естественной радиоактивностью. Даже при отсутствии поблизости (или вдали, ведь газообразные выбросы переносятся на тысячи километров) предприятий, выбрасывающих в атмосферу азот, некоторое его количество содержится в дождевой воде. Он появляется в результате грозных разрядов, при которых образуется аммиак.

Очистка атмосферы, воды или почвы от загрязняющих веществ – это снижение их концентрации до величин, при которых они становятся безвредными. Такие пороговые величины называются *ПДК – предельно допустимые концентрации*. Для действенного контроля загрязнения атмосферы, воды или продуктов питания необходимо знать ПДК всех основных загрязнителей.

Таблицы ПДК входят в систему периодически обновляемых государственных стандартов, различных в разных странах, но всегда обязательных, что подкреплено специальными

законами. В эти таблицы включают пороговые значения для сотен загрязняющих веществ. В России для наиболее распространенных загрязнителей атмосферы приняты следующие ПДК: в 1 м³ воздуха должно быть не более 0,15 мг пыли, 0,05 мг оксида серы, 3 мг оксида углерода, 0,04 мг диоксида азота.

Если в среду одновременно поступает несколько загрязняющих веществ, то ПДК определяют по специальным формулам, позволяющим оценить *индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)*.

Для каждого источника загрязнения устанавливают ПДВ – предельно допустимый выброс за единицу времени, при котором концентрация загрязняющего вещества в атмосфере или в воде не будет превышать ПДК.

Все предприятия делятся на 5 групп (классов опасности) в зависимости от вредности выбрасываемых веществ и степени их возможной очистки. У каждой из этих групп своя ширина санитарно-защитной зоны вокруг предприятия, где запрещается строительство (обычно в этой зоне размещают насаждения из деревьев, устойчивых к загрязнению), – от 1000 м (1-й класс опасности) до 50 м (5-й класс).

Для очистки жидких стоков и газообразных выбросов используют специальные системы очистных сооружений.

Загрязняющие вещества, после их извлечения из сточных вод, поступают на повторную переработку или временное захоронение. Очистка производится несколькими способами, которые последовательно сменяют друг друга. Для каждого предприятия, в зависимости от особенностей его отходов, проектируются свои очистные сооружения. Чаще всего используют следующие приемы очистки.

Механическая очистка. Жидкие стоки отстаивают, при этом оседают твердые частицы. Кроме того, применяют песчаные и песчано-гравийные фильтры, задерживающие более легкие взвешенные частицы, не осевшие в отстойниках. В некоторых случаях применяют и центрифугирование, при котором загрязняющие вещества извлекаются в гигантских сепараторах. Механически отделяют нефтепродукты, которые всплывают на поверхность в отстойнике. Для очистки газовых выбросов предприятия используют специальные пылеосадочные камеры и центрифуги (циклоны), матерчатые фильтры.

Химическая очистка. На стоки воздействуют химическими веществами, переводя растворимые соединения в нерастворимые. Так, от кислот очищают добавлением щелочи, а от щелочей, наоборот, добавлением кислот.

Установки для очистки газообразных выбросов очень дороги. Для того чтобы уменьшить выбросы оксида серы и сероводорода, применяют «щелочной дождь», через который пропускают насыщенные газами выбросы, в результате получают соль и воду. В качестве поглотителей-фильтров используют также специальные адсорбенты, например, активированный уголь.

Физико-химическая очистка. При этой очистке электролизом превращают сложные соединения в более простые и извлекают металлы, кислоты и другие неорганические соединения. Для выделения наиболее опасных или ценных загрязняющих веществ, которые используют для дальнейшей переработки, применяют ионообменные смолы, которые химически связывают эти вещества.

Применяют также огневые методы очистки: распыленные стоки впрыскивают в пламя больших горелок. Этот способ дорог, но позволяет «расколоть» даже ядовитые соединения, не поддающиеся прочим химическим или биологическим способам очистки. Например, огневым методом разлагают диоксины – очень ядовитые вещества, которыми загрязнены воды и почвы в некоторых городах России. Огневой метод применяют и при переработке бытовых отходов.

Биологическая очистка. В специально созданных экосистемах загрязняющие вещества разрушаются или концентрируются микроорганизмами и мелкими животными. Организмы могут накапливать и осаждать тяжелые металлы и радиоактивные изотопы (особенно успешно это делают диатомовые водоросли).

Методы биологической очистки исключительно важны, так как значительная часть загрязняющих веществ, которую не удастся ни отфильтровать, ни извлечь электролизом, – это растворенные в воде органические вещества.

Биологическую очистку осуществляют в специальных емкостях – открытых бассейнах *аэротенках* и закрытых *метантенках*.

Бактерии-аммонификаторы в аэротенках разлагают белки до аммония, а бактерии-нитрификаторы окисляют аммоний до нитратов и нитритов. Для уменьшения площади очистных сооружений применяют *активный ил* – насыщенный микроорганизмами (бактериями, водорослями, грибами, простейшими) слой наполняющих материалов (щебень, песок, шлак, пластмасса) на дне очистного водоема, через который постоянно продувают воздух, что ускоряет процессы биологической очистки.

Метантенки – это большие емкости из бетона или чугуна, очистка в них идет в анаэробной среде. В метантенках метанообразующие бактерии разлагают органические вещества. В результате кроме очищенной воды получается биогаз, который можно использовать для отопления. Метантенки используют и для обеззараживания навоза на животноводческих фермах. Хорошо очищают воду от многих загрязняющих веществ природный активный ил под зарослями высокорослых водных растений – камыша, тростника, рогоза и т.п. в канавах и прудах.

Однако живущие в природе бактерии не могут разлагать некоторые загрязняющие вещества (в том числе и пестициды), и потому селекционеры-микробиологи выводят специальные штаммы бактерий. Эти бактерии способны разрушать многие органические соединения, и среди них, как низкомолекулярные ароматические углеводороды, так и высокомолекулярные соединения – органические полимеры. Ученые вывели штамм гриба, который может разлагать полиэтиленовую пленку. Получены микроорганизмы, способные очистить поверхность воды от нефтяного загрязнения и даже разрушить попавший в почву гербицид 2,4-Д.

Доочистку стоков можно проводить на полях орошения, где ими поливают и удобряют почву. Состав стоков контролируют, чтобы в них не было высоких концентраций тяжелых металлов и болезнетворных бактерий. На таких полях нельзя выращивать овощи, используемые в пищу в сыром виде: капусту на салат, петрушку или овощи-корнеплоды (морковь, свеклу) и клубнеплоды (картофель). Там можно выращивать капусту для приготовления горячих блюд или засолки, а лучше всего – многолетние травы.

Контрольные вопросы

1. Какие методы применяют при очистке загрязненных вод?
2. Какие методы используют для очистки газовых выбросов?
3. В чем суть методов биологической очистки?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промышленные экосистемы расположены либо в городах, либо за их пределами (предприятия горнодобывающей промышленности, электростанции, хранилища отходов и др.). Роль живых организмов в жизни этих экосистем еще меньше, чем в городских.

Задачи уменьшения влияния промышленных экосистем на окружающую среду – в основном технологические: модернизация производства с уменьшением расхода ресурсов вещества и энергии, снижением количества выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду (атмосферу, воду, на поверхность почвы), создание очистных сооружений. Некоторую роль при этом могут играть зеленые насаждения, которые выполняют роль фильтров, очищающих воздух от загрязнения.

Загрязняющие вещества, которые «производятся» промышленными предприятиями, очень разнообразны и разделяются по степени опасности на четыре класса. Нет веществ, которые были бы абсолютно вредными, все они при низких концентрациях не представляют опасности. Поэтому для контроля за содержанием загрязняющих веществ в средах жизни (атмосфере, воде, почве), а также в продуктах питания разработана система экологических нормативов, которые определяют предельно допустимую концентрацию этих веществ (ПДК).

На крупных предприятиях работают специальные комплексы для очистки стоков – очистные сооружения, в которых используются физические, физико-химические, химические и биологические методы очистки. В большинстве случаев в результате очистки остается некоторое количество особо опасных отходов, которые приходится помещать в специальные хранилища, удаленные от поселений человека и находящиеся под постоянным наблюдением.

Индивидуальное задание

Темы рефератов:

1. «Завяжи трубу узлом» (опыт внедрения малоотходных экологически безопасных технологий в промышленности).
2. Завод, рядом с которым я живу: влияние на окружающую среду.

Чтобы написать эти рефераты, нужно обратиться в дирекцию предприятия и попросить предоставить данные о динамике загрязнения окружающей среды за последние 5 лет. Познакомьтесь с планом экологизации производства, дайте ему критическую оценку и предложите свой вариант уменьшения влияния предприятия на окружающую среду.

Для работы над рефератом используйте следующую литературу:

Мазур И.И., Молдаванов О.И. Шанс на выживание. Экология и научно-технический прогресс. М.: Наука, 1992.

В книге дан анализ развития энергетики, ресурсосбережения и проблемы отходов промышленности. Книга обобщает много фактических данных, она особенно полезна при подготовке рефератов по промышленной экологии.

Иванов О.В., Мельник Л.Г., Шепеленко Л.Н. В борьбе с драконом «Когай»: опыт природопользования в Японии. М.: Мысль, 1991.

Эта книга – рассказ о том, как японцы смогли очистить свою густонаселенную и насыщенную промышленностью территорию от промышленного загрязнения.

Полезны будут также экологические словари П.Ф. Реймерса «Природопользование: Словарь-справочник» (М.: Мысль, 1990) и «Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник» (М.: Просвещение, 1992), Б.М. Миркина и Л.Г. Наумовой «Популярный экологический словарь» (М.: Устойчивый мир, 1999) и справочник «Окружающая среда. Энциклопедический словарь-справочник» (М.: Прогресс, 1993).

Глава 14. ОХРАНА ПРИРОДЫ

Вы познакомились с принципами рационального природопользования под девизом: «Используй, охраняя, и охраняй, используя». И узнали, что:

можно получать древесину, заготавливать лекарственные травы и ягоды в лесу, охотиться на лосей и при этом не нарушать экологического равновесия;

получение высоких урожаев зерна, надоев, привесов или настрига шерсти сельскохозяйственных животных может сочетаться с сохранением плодородия почв, продуктивности и видового богатства сенокосов и пастбищ, чистоты атмосферы и воды;

даже самые крупные городские и промышленные экосистемы можно сделать менее опасными для природы, если использовать малоотходные технологии и надежные очистные сооружения и хранилища отходов.

И все же, для решения задачи охраны биологического разнообразия одного рационального природопользования недостаточно и кроме рационального природопользования необходима еще и специальная охрана биологического разнообразия.

§ 75. УРОВНИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

Различают два уровня охраны живой природы: популяционно-видовой и экосистемный.

На *популяционно-видовом уровне* объектами охраны являются конкретные виды животных и растений, представленные популяциями. Охраняя популяции, мы охраняем эти виды.

Для того чтобы организовать охрану флоры и фауны, выявляют объекты охраны и создают «*Красные книги*», содержащие списки и характеристики видов, которым угрожает исчезновение (их называют угрожаемыми). «Красная книга РСФСР: растения» была издана в 1988 г. «Красная книга РСФСР: животные» – в 1985 г. В них было включено, соответственно, 533 и 247 видов растений и животных. Созданы «Красные книги» и для многих республик и областей России.

Охрану биологического разнообразия в экосистемах на популяционно-видовом уровне осуществляют, запрещая сбор отдельных красиво цветущих растений (представителей орхидных – венерин башмачок, любка двулистная; лилейных – лилии кудреватая и тигровая, рябчик; и др.) и заготовку тех видов лекарственных трав, популяции которых уже ослаблены интенсивной эксплуатацией (во многих районах запрещен сбор валерианы лекарственной, цмина песчаного). Запрещают также охоту на редких видов птиц (журавли, лебеди, дрофа, стрепет и др.) и млекопитающих (косуля, уссурийский тигр, выхухоль), отлов определенных видов рыб (осетровых: стерляди и осетра, форели и др.), редких видов бабочек и жуков. (Рис. 100.)

Успешность охраны флоры и фауны на популяционно-видовом уровне зависит от многих факторов. Вы уже знаете, что причиной ослабления и даже уничтожения популяций могут быть чрезмерная добыча, разрушение местообитаний, вселение новых видов-конкурентов, вытесняющих охраняемый вид, загрязнение и т.д. Кроме того, любой вид связан с другими организмами и, например, чтобы сохранить популяцию крупного хищника, нужно позаботиться о популяциях его жертв и условиях для их нормальной жизни. Поэтому охрана вида, стоящего на вершине пищевой цепи, в природе перерастет в охрану всей экосистемы, в которой он обитает. Охрана экосистем – это самый надежный способ сохранения биологического разнообразия.

Используют некоторые специальные формы сохранения угрожаемых видов, например, разведение видов под контролем человека, создание генных банков.

Разведение видов под контролем человека. Животных разводят в зоопарках, растения – в ботанических садах. Существуют и специальные центры размножения редких видов – Окский

государственный журавлиный питомник, Приокско-Тerrasный зубровый питомник и др. На многочисленных рыбозаводах разводят рыб редких видов, молодь которых выпускают в реки и озера. В Швеции, ФРГ, Австрии, Франции после разведения в неволе в леса интродуцирована рысь. Сохранению видов способствует и деятельность любителей-садоводов, держателей аквариумов.

Создание генных банков. В банках могут храниться как семена растений, так и замороженные культуры тканей или половые клетки (чаще сохраняют замороженную сперму), из которых можно получить животных или растения. Созданная Н.И. Вавиловым коллекция семян культурных растений продолжает пополняться. Сейчас Национальное хранилище мировых растительных ресурсов расположено в Кубанской станции бывшего Всесоюзного института растениеводства им. Н.И. Вавилова. Там в 24 комнатах, расположенных под землей, при постоянной температуре +4,5°С сохраняется 400 тысяч образцов семян.

Первые банки замороженных клеток исчезающих видов животных созданы в ряде научных центров мира (в том числе и в Пушино-на-Оке).

В связи с охраной таких животных, как тигр и зубр, когда поголовье остается относительно небольшим, экологами приходится решать очень трудный вопрос о минимально необходимом числе животных в популяции, которое гарантирует ее выживание. Несмотря на то, что этому вопросу посвящено много исследований, точно определить этот гарантированный минимум трудно (хотя известно, что чем животное или растение мельче, тем больше особей нужно для сохранения популяции). Все зависит от фактора риска. Если произойдет серьезный катаклизм, то исчезнут популяции любой плотности в зоне действия фактора разрушения. В то же время в зоопарках и центрах по воспроизведению исчезающих видов удается поддерживать популяцию из небольшого числа особей без опасения потерять ее.

Условия для сохранения популяций редких видов очень разнообразны, их трудно воспроизвести. Так, насекомопыляемые растения не могут существовать без опылителей, хищные птицы и крупные млекопитающие – без мелких млекопитающих. Поэтому наиболее надежный способ охраны популяций – их охрана как частей целых экосистем, в которых поддерживается экологическое равновесие. Для этого создают *особо охраняемые природные территории* (ООПТ) разных типов.

Контрольные вопросы

1. Какие уровни охраны живой природы вы знаете?

2. Как охраняют отдельные виды?
3. Что такое «Красная книга»?

Справочный материал

В настоящее время список редких видов животных России значительно возрос, в него включено 415 видов, подвидов и популяций, в том числе беспозвоночных – 155, рыб – 39, амфибий – 8, рептилий – 21, птиц – 123, млекопитающих – 65. В составе списка редких видов растений – 440 цветковых, 11 голосеменных, 10 папоротников, 22 моховидных, 4 плауновидных, 29 лишайников и 17 грибов.

В течение ста лет – с 1850 г. по 1950 г. каждые десять лет исчезал один вид растений. В наше время мы теряем по одному виду в день. Если этот процесс не удастся остановить, то с 2000 г. каждый час будет исчезать по одному виду.

Наиболее трагические события происходят сейчас в тропических широтах. Под натиском плантаций приносящих высокие доходы тропических культур (гевеи, кокосовой пальмы, ананасов, кофейного и шоколадного деревьев) площади экваториальных (в англоязычной литературе их неточно называют «тропическими дождевыми») лесов стремительно сокращаются. Каждую минуту исчезает 23 га леса, каждый день в «черную дыру небытия» проваливается 3 биологических вида. Лишенные леса почвы размываются дождями и превращаются в глинистые пустыни. Вредит этим лесам и неблагоприятная демографическая ситуация. Сотни миллионов африканцев продолжают заниматься подсечным земледелием: вырубая участки леса, а через несколько лет эти участки забрасывают. «Легкие» планеты – тропические леса – в опасности.

Первая «Красная книга» появилась в 1966 г. Организатором ее создания был Международный союз по охране природы и природных ресурсов (МСОП). Он выпустил 5 томов с перечнем видов, которым угрожает исчезновение. Каждому виду был выделен отдельный лист, причем книга была напечатана на бумаге красного цвета – цвета предостережения. Кроме того, тома были изготовлены так, что можно было изымать листы с описанием видов, которые уже достаточно обеспечены охраной, и, напротив, добавлять новые посвященные иным видам, которым угрожает уничтожение. В конце 80-х гг. в этом печальном списке значилось 768 видов позвоночных животных, в том числе 246 вида млекопитающих и столько же видов птиц, а также 250 видов растений. Из числа животных в Красную книгу были занесены

лемуры, орангутан, горилла, морские черепахи и множество других животных.

После этого во всем мире стали издавать подобные перечни исчезающих видов, хотя бумага для них теперь используется обычная и красным бывает только переплет.

В ряде стран созданы «центры реабилитации» для оказания помощи раненым и больным животным. Во Франции существует более 20 таких центров. После излечения большинство животных отпускают, но некоторых приходится оставлять в неволе в связи с невозможностью самостоятельно выжить в природе.

В России восстановлены многие популяции бобра, который в послереволюционные годы был почти полностью истреблен в результате хищнической охоты, а затем долгие годы страдал от гидромелиорации, разрушавшей его местообитания. Сейчас насчитывается 150 тыс. бобров и их количество продолжает увеличиваться. Менее опасным стало и положение зубра, серого кита, дальневосточного моржа.

После создания Астраханского государственного заповедника площадь «лотосовых полей» (так называют прогалины среди высоких зарослей тростника, где при глубине воды около метра особенно хорошо растет лотос орехоносный, полностью покрывающий крупными листьями и цветками водную поверхность) возросла в 8–10 раз.

Браконьерская охота поставила на грань исчезновения тигров, горилл, слонов и многих других животных, которых добывают из-за шкур, бивней и т.д. Для их защиты в 1973 г. была принята специальная Вашингтонская конвенция по ограничению торговли редкими и исчезающими видами растений и животных и продуктами, изготовленными из них. Но браконьеры находят любые лазейки, чтобы продолжать свой преступный промысел.

Разрабатывают нетривиальные способы борьбы с браконьерством. Так, в Индии в рога носорогов вживляют микрочипы (миниатюрные радиопередатчики), которые обнаруживаются таможенниками и позволяют установить, где добыто животное. В Намибии для защиты от браконьерства предпринят опыт спиливания рогов у носорогов. Рога были проданы государством и деньги использованы для охраны территорий, где обитают носороги. «Обезроживание» не наносило животным ущерба, они «обзаводились семьей» и давали потомство.

Для сохранения индийского подвида тигра Всемирный фонд дикой природы МСОП разработал проект «Тигр», который поддержали правительства Индии, Непала, Бангладеш. За первые 5 лет реализации проекта были организованы новые и расширены

существовавшие ранее заповедники, переселены жители больше 30 деревень. В результате только в Индии поголовье тигра увеличилось с 268 до 749.

Одно из самых заметных достижений в деле охраны дикой природы – восстановление популяций зубра. Это крупное животное, некогда обычное в лесах европейской части России, в Польше, Беларуси и Литве, а также на Кавказе и в Карпатах, в начале столетия было практически уничтожено. К счастью, зубр сохранился в зоопарках Европы, откуда его повторно расселили в Беловежской пуще, на Кавказе, Карпатах, а в последние годы – и в лесах Литвы. В настоящее время зубр уже способен жить в дикой природе, но только при заповедном режиме. Задача восстановления в природе зубра как биологического вида будет решена, когда его численность достигнет двух тысяч голов (в начале 90-х годов поголовье зубров было близко к этой цифре).

Большого успеха в охране фауны лесов достигла Финляндия. С 1987 г. количество медведей удвоилось, количество рысей возросло в 8 раз, а численность редкого зверя россомахи возросла с 40 до 100 особей.

В мире существует более 30 международных организаций, координирующих исследования и практические шаги разных стран в охране и рациональном использовании природных ресурсов. Наиболее серьезные программы осуществляет специальная Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). Так, по инициативе ЮНЕСКО создан МСОП – Международный союз охраны природы и природных ресурсов, со штаб-квартирой в г. Глан (Швейцария). МСОП издает международные «Красные книги». ЮНЕСКО организованы исследования по международной программе «Человек и биосфера», в которой принимают участие 90 стран.

§ 76. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Познакомимся с основными формами особо охраняемых природных территорий.

Заповедники. Это особо охраняемая природная территория, на которой полностью запрещена любая хозяйственная деятельность (включая туризм) в целях сохранения природных комплексов, охраны животных и растений, а также слежения за происходящими в природе процессами. Это самый важный тип ООПТ, наиболее надежно обеспечивающий охрану видов.

В мире сегодня свыше двух тысяч заповедников, в России – 99 с общей площадью 33, 3 млн. га, что составляет 1,6 % территории нашей страны. Размеры заповедников сильно различаются. Так, расположенный на Севере Таймырский заповедник занимает около 1,4 млн. га, а лесостепной заповедник «Галичья Гора» в долине Дона – всего 231 га. Самый большой российский заповедник – Командорский (3,65 млн. га).

С помощью заповедников решают три главные задачи.

Заповедники обеспечивают охрану флоры, фауны и природных ландшафтов. У каждого заповедника есть свои особенности. Так, в Астраханском государственном заповеднике главные объекты охраны – водоплавающие птицы и лотос, в Сихотэ-Алинском и Лазовском – амурский тигр, в заповеднике «Остров Врангеля» – белый медведь, в Воронежском – бобр, в Хоперском – выхухоль, в расположенном на территории Башкортостана небольшом заповеднике «Шульган-Таш» – башкирская бортевая пчела, в Ильменском государственном заповеднике – минералы. Одновременно с объектами специальной охраны охраняют природные экосистемы заповедника в целом.

Заповедники являются научными учреждениями, где работают биологи разного профиля, детально исследующие состояние экосистем и отдельных входящих в них популяций животных и растений. Это природные лаборатории, которые дают ценный материал, помогающий поддерживать стабильность популяций и экосистем и за пределами заповедников.

Заповедники служат очагами восстановления популяций редких и исчезающих видов растений и животных. Часть их (в допустимых пределах) может изыматься и использоваться для дальнейшего расселения. Так, в Воронежском заповеднике размножили бобра, в Хоперском – выхухоль, а после вывозили в другие регионы. (Рис. 101.)

Важнейшие заповедники – *биосферные*. Биосферные заповедники представляют природные ландшафты основных биомов мира. Их создают там, где природа не утратила своих первозданных черт. Наблюдения в биосферных заповедниках как эталонах природы проводят по единой международной программе, составленной в ЮНЕСКО. Это обеспечивает сравнимость результатов, получаемых учеными разных стран. В мире существует около 300 биосферных заповедников, из них в России – 21 (Кавказский, Приокско-Террасный, Сихотэ-Алинский, Центрально-Черноземный и др.).

Заповедники создают и на территориях, нарушенных человеком. Однако в этих заповедниках не всегда экосистемы

приходят в первозданное состояние, так как популяции некоторых видов растений и животных не восстанавливаются.

Некоторые типы экосистем не могут существовать при полном заповедании. Например, луга, если их не использовать, зарастут лесом, а вместе с луговыми растениями исчезнут многие насекомые, а также некоторые птицы. В таких экосистемах проводится регламентированное (т.е. по рекомендациям, разработанным экологами) использование.

Национальные парки. В отличие от заповедника в национальном парке устанавливается дифференцированный режим охраны. В его границах прекращается активное хозяйственное использование земель, но сохраняется рекреационное использование, лицензионный лов рыбы и отстрел промысловых животных. Часть территории, включающая наиболее ценные экосистемы с редкими видами, может быть изолирована от посещения с организацией заповедной зоны.

На территории национального парка возможно ограниченное сельскохозяйственное использование части земель – умеренный выпас скота на степных травостоях, выборочная рубка деревьев и даже некоторое количество пашни, на которой растения выращиваются без применения пестицидов и минеральных удобрений.

В России 34 национальных парка и 30 природных парков (они отличаются тем, что подчиняются органам власти субъектов федерации).

Памятники природы. Памятники природы – это музеи природы, маленькие заповедники. Известный их пример – красноярские «Столбы». Если площадь заповедников обычно составляет тысячи или хотя бы десятки квадратных километров, то памятники природы имеют площадь в несколько гектаров. Памятники природы могут быть республиканского, областного или местного значения. Как правило, они охраняются общественными организациями и органами управления административных районов. В настоящее время в России охраняется около 9 тысяч памятников природы.

Заказники. Заказники – это временно охраняемая природная территория, создаваемая для восстановления популяции одного или нескольких видов растений или животных. Все виды растений и животных, которые не входят в число охраняемых в заказнике, могут использоваться в соответствии с экологическими нормативами.

В заказниках охотничье-промысловых животных создают условия для нормального воспроизведения популяций крупных

животных, таких, как лоси, или осторожных птиц, таких, как тетерев или глухарь. Так, в Бирском государственном заказнике в Башкортостане (площадью свыше 18 тыс. га) охраняются лоси, зайцы-беляки, куницы, тетерева, в Архангельском государственном заказнике той же республики (1,8 тыс. га занятых в основном прудом) охраняют охотничье-промысловых водоплавающих птиц.

Заказники по охране лекарственных трав обычно имеют площадь в несколько десятков гектаров. В том же Башкортостане есть заказники по охране ландыша майского, адониса весеннего, мыльнянки, валерианы лекарственной и других видов.

Особый вид заказника – лесосады. Их создают в пойменных лесах: вырубает деревья и кустарники, не имеющие ресурсного значения, и на их месте сами разрастаются ценные виды (боярышник, калина, черемуха или шиповник).

В России 4000 заказников регионального значения и 65 государственных природных заказников федерального значения.

Кроме того, к ООПТ относятся ботанические сады и дендрологические парки (в федеральном подчинении находятся 80 садов и парков), зеленые зоны городов, лечебно-курортные местности и водоохранные леса первой группы. В России имеются территории, которые являются *памятниками всемирного наследия*. Это новая форма особо охраняемых природных территорий, создаваемых с целью сохранения историко-культурных и природных достопримечательностей объектов, имеющих общемировое значение (охраняются под эгидой ЮНЕСКО). В список памятников всемирного наследия включены российские объекты: «Девственные леса Коми», «Золотые горы Алтая», «Озеро Байкал», «Вулканы Камчатки».

На первый взгляд приведенные сведения говорят о том, что в России много особо охраняемых природных территорий. Однако их общая площадь составляет 5,5% территории страны, что несопоставимо с мировыми стандартами, которые рекомендуют обеспечить разными формами охраны до 1/3 территории. Большинство небольших заповедников площадью в несколько десятков тысяч гектаров недостаточно защищены от окружающих территорий, которые интенсивно используются в сельском и лесном хозяйстве. Предстоит увеличить и площадь самих заповедников, и ширину буферных зон, которые защищают их от интенсивно используемых земель.

В настоящее время учеными России подготовлены материалы для организации по крайней мере еще двухсот заповедников и национальных парков и тысяч памятников природы

и заказников. Площадь ООПТ России предстоит в ближайшем будущем увеличить примерно в 5 раз.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается заповедник от национального парка?
2. Разрешается ли использование экосистем в заповедниках?
3. Что такое биосферный заповедник?
4. Что такое памятник природы?
5. Что такое заказник?
6. Расскажите об известных вам ООПТ в своей области (республике).

Справочный материал

Самые большие охраняемые территории мира – это Гренландский национальный парк площадью 7 млн. га, Центрально-Калахарский резерват в Ботсване – свыше 5 млн. га, «Врангеля – Св. Ильи» в США – 5 млн. га, «Ворота Арктики» на Аляске – свыше 3 млн. га.

Национальные парки – основная форма ООПТ в США, где их доля составляет 40% территории страны.

Основные животные, которые охраняются в заказниках России – бобр, лось, кабан, косуля, соболь, ондатра, боровая и водоплавающая дичь.

Самый северный заказник России – Земля Франца-Иосифа, имеющий площадь 42 тыс. км², – создан для охраны моржей, белых медведей и различных птиц, в том числе образующих большие гнездовья, так называемые птичьи базары.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рациональное природопользование любой естественной экосистемы, лесной или болотной, нацелено на реализацию принципа «охраняй, используя, и используй, охраняя». Однако даже при самом рациональном использовании полностью сохранить биологическое разнообразие также невозможно, как создать вечный двигатель. Для этого нужны специальные меры.

Биоразнообразие можно охранять на популяционно-видовом уровне: выявлять виды, которым угрожает уничтожение, и составлять Красные книги, запрещать отстрел, вылов или сбор редких видов, сохранять их в ботанических садах и зоопарках или в специальных хранилищах семян, замороженной спермы и т.д.

Однако главный способ охраны видов – сохранение их в составе экосистем, в которых они обитают. Для этих целей создаются специальные особо охраняемые природные территории – ООПТ (заповедники, национальные парки, памятники природы, заказники). Пока площадь ООПТ в нашей стране меньше, чем в развитых и богатых странах, а режим охраны в этих ООПТ часто нарушается.

Индивидуальное задание

Темы рефератов:

1. Редкие виды животных на территории области (республики).

Число редких видов может быть довольно значительным (превышать сто). Поэтому в реферате можно рассмотреть одну из групп животных – птиц, млекопитающих, земноводных, рыб, насекомых. Обязательно сформулируйте рекомендации для эффективной охраны этих видов.

2. Редкие виды растений на территории области (или республики).

Так же как и в первом реферате, ограничьте свою задачу либо какой-то хозяйственной группой (лекарственные, декоративные, кормовые, пищевые растения), либо каким-то семейством. Реферат может быть посвящен редким видам орхидных, сложноцветных, злаковых и других семейств.

3. Особо охраняемые природные территории области (или республики).

Количество ООПТ, включая памятники природы, в любой республике велико. Выберите несколько ООПТ или даже одну (заповедник, национальный парк) и опишите его экосистемы. Постарайтесь отметить, в чем заключается ценность охраняемых экосистем (редкие виды, исчезающие при хозяйственном использовании типы лесов или степей и т.д.).

Для работы над рефератом можно использовать следующую литературу:

Яблоков А.В., Остроумов С.А. Уровни охраны живой природы. М.: Наука, 1985.

Это один из важнейших теоретических трудов по охране природы на уровне популяций и экосистем. В нем анализируется сложность проблемы охраны биологического разнообразия и приведены примеры успешных действий экологов по спасению редких видов и экосистем.

Красная книга РСФСР: животные. М.: Россельхозиздат, 1985.

Красная книга РСФСР: растения. М. Росагропромиздат, 1988.

Дежкин В.В. В мире заповедной природы (О заповедниках РСФСР). М.: Советская Россия, 1989.

Часть 4. СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Человек – это биологический вид *Homo sapiens*. Можно изучать его экологию также, как экологию любого вида, то есть выявить закономерности отношения к различным факторам среды, абиогенным и биогенным (в том числе и порожденным его собственной деятельностью). Существует наука «*Экология человека*» как раздел медицины, так как показателем адаптированности или неадаптированности человека к какому-то фактору среды является состояние его здоровья.

В этой части учебника речь пойдет об отношениях с окружающей средой не отдельных индивидуумов, а всего человечества и его отдельных групп, связанных с определенными территориями (странами и их регионами). *Социальная экология* – это популяционная экология человека.

Возникновение социальной экологии было вызвано к жизни противоречиями, которые возникли между человечеством и природой, осознанием бесперспективности образа жизни «супервида» с истощительной системой природопользования и примирения возрастающих потребностей общества с законами жизни биосферы.

Глава 15. ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИРОДУ

На рубеже тысячелетий отношения человека и природы вступили в критический период. Стало очевидно, что если в природопользовании будет продолжена антропоцентрическая линия (человек – главный вид природы), экологическая катастрофа с гибелью человечества станет неизбежной, сбудутся мрачные прогнозы Ж.Б. Ламарка о самоуничтожении человека. Однако экология дает человеку шанс избежать катастрофы и сохраниться на планете.

В центре этой главы – раздел о нарушениях биосферы, вызванных человеком. Ему предпослана характеристика особенностей человека как биосоциального вида *Homo sapiens*, так как именно эти особенности стали причиной разрушения человеком собственной среды обитания.

§ 77. НОМО SAPIENS КАК БИОСОЦИАЛЬНЫЙ ВИД

Человек отличается от прочих видов тем, что он – не просто биологический, а биосоциальный вид: сохраняя черты своих предков (потребность в пище, воде и комфортных температурных условиях, способ размножения, и т.д.), он в то же время в отношениях с природой выступает как часть популяции высокого уровня организации – общества. Это позволяет ему не только адаптироваться к среде обитания, но и адаптировать среду обитания в соответствии со своими потребностями.

«Коллективы» существуют и у животных (семьи пчел или муравьев), тем не менее, уровень социальной организации коллективов у вида *Homo sapiens* несравненно выше за счет способности к мышлению – анализу и обобщению фактов окружающей действительности, наличия языка и письменности, которые резко увеличивают возможности обмена информацией между особями. Способность мыслить и обмен информацией позволили человеку накапливать знания о явлениях природы и возможностях их использования, совершенствовать технические средства, которые облегчали извлечение из природы нужных человеку жизненных благ.

Накопление знания создало науку, и как итог по мере ее развития человек становился все менее биологичным и все более социальным. Он все меньше зависел от природы: становился не ее частью, а занимал положение над ней как «супервид». Человек захотел стать властелином Природы и превратить ее в мастерскую, где производится все то, что необходимо для удовлетворения своих постоянно растущих потребностей. Однако реализовать этот план человеку не удалось, природа не подчинялась его притязаниям на лидерство и жестоко мстила за насилие над ее законами.

В сравнении с пятью миллиардами лет, которые существует наша планета, время пребывания в составе фауны вида *Homo sapiens* ничтожно мало. Его человекоподобные предки появились не более 2 млн. лет назад, а современный человек – около 40 тысяч лет назад.

История человечества – это история постоянного повышения плотности популяций человека и все более активной эксплуатации природных ресурсов. Наука позволила развить технику и постепенно заменить мышечную энергию человека вначале энергией животных, а затем и энергией, получаемой за счет «мертвых» энергоносителей.

Примерно 10 тысяч лет назад человек создал сельское хозяйство и за счет мутуалистических отношений с культурными растениями и одомашненными животными увеличил производство пищи. Это позволило человеку резко повысить плотность популяций, сократив площадь, необходимую для прокормления одного человека. В период использования «готовых» ресурсов природы – собирательства растений, охоты, рыбной ловли площадь, необходимая для жизни одного человека, по разным данным, составляла от 500 до 2000 га. Для того, чтобы накормить современного человека, главным источником пищи для которого являются продукты сельского хозяйства, достаточно площадь в тысячу раз меньше.

Биотический потенциал человека повысился, так как развитие медицины положило конец многим заболеваниям, которые приводили к массовой гибели населения. Кроме того, к естественному биотическому потенциалу добавился научно-технический, что позволило преодолевать сопротивление самой «неподатливой» среды и резко расширить ареалы популяций человека, первоначально занимавшей лишь наиболее благоприятные условия тропиков. Человек научился жить в самых неблагоприятных условиях холодной тундры и даже арктической пустыни.

Развитие науки и техники, использование дополнительной энергии (из ископаемых углеродистых энергоносителей, ядерной энергии, гидроэнергии и др.) в значительной степени сняли с популяции человека ограничения роста. Быстро расходовались ресурсы, загрязнялась окружающая среда, разрушалось биологическое разнообразие. Этот однобокий прогресс биосоциального вида *Homo sapiens* привел планету к преддверью глобального экологического кризиса.

Познакомимся с нарушениями биосферы, которые вызвал научно-технический прогресс, и его глобальными последствиями, опасными для всего населения планеты.

Контрольные вопросы

1. Почему человека называют биосоциальным видом?
2. Как человек увеличил свой биотический потенциал?
3. Расскажите о глобальных последствиях развития цивилизации.

§ 78. РАЗРУШЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ

Масштабы техногенного влияния человека на литосферу (особенно за счет развития процессов эрозии, увеличения твердого

стока, сжигания ископаемого топлива и создания инженерных сооружений) достигли колоссальных величин, которые превышают интенсивность естественных потоков вещества.

Искусственные (техногенные) грунты уже покрывают более 55% городских территорий, а в ряде сильно урбанизированных районов (Европа, Япония, Гонконг и др.) они покрывают 90–100% территории и их мощность достигает нескольких десятков метров.

Немалый вклад в изменение литосферы вносит гидромелиорация. Суммарная длина только искусственных каналов и водохранилищ, построенных на территории бывшего СССР к середине 80-х гг., равнялась длине экватора Земли. На всем их протяжении развивались и продолжают развиваться различные геологические процессы (активизация склоновых процессов – смыв грунта, переработка берегов, подтопление и т.д.). Протяженность магистральных оросительных и судоходных каналов на территории СНГ, также изменяющих геологическую обстановку, намного больше и составляет около 3/4 расстояния от Земли до Луны.

Крупные вмешательства человека в литосферу стали причиной землетрясений, которые чаще всего возникают в связи с созданием больших и глубоких водохранилищ.

Контрольные вопросы

1. Какие основные техногенные нарушения затронули литосферу?
2. В каких регионах мира техногенные грунты покрывают наибольшую часть поверхности?

Справочный материал

В 2000 г. в мире суммарная площадь, покрытая всеми видами инженерных сооружений (здания, дороги, водохранилища, каналы и т.п.), достигла 1/6 площади суши.

Фактором, нарушающим литосферу, является откачка грунтовых вод, вызывающая опускание поверхности. Так, северо-восточная часть Токио за период с 1920 по 1975 г. опустилась на 4,5 м. Аналогичное опускание на 4–9 м произошло в Мехико. Большие водозаборы из грунтовых вод активизируют карстовые процессы. По этой причине в Уфе зарегистрировано 80 провалов, в Дзержинске – 54 провала. В северо-западной части Москвы образовалось 42 карстовых воронки с диаметром до 40 м при глубине 1,5–8 м.

Нарушение целостности литосферы происходит также при строительстве угольных шахт и добыче нефти. Например в результате добычи нефти и газа почти на 9 м произошло оседание грунта в г. Лонг-Бич (США).

Интенсивность вмешательства в геологическую среду возрастает с увеличением энерговооруженности человека. Скорость строительства крупных гидротехнических сооружений за последнее столетие возросла в 10 раз.

В России общая площадь земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых, а также занятых отходами горного производства, превысила 2 млн. га, из которых 65% приходится на европейскую часть страны. Только в Кузбассе угольными карьерами занято свыше 30 тыс. га, а в районе Курской магнитной аномалии – более 25 тыс. га плодородных земель.

§ 79. УНИЧТОЖЕНИЕ ЛЕСОВ

Последствия уничтожения лесов, которые являются мощнейшим климатообразующим фактором и обеспечивают буферные свойства биосферы для поддержания круговоротов углекислого газа и кислорода, имеют глобальный характер.

Около 10 тысяч лет назад, еще до того как человек стал заниматься сельским хозяйством, на земном шаре существовали обширные массивы лесов, общая площадь которых составляла примерно 62 млн. кв. км. Однако в течение многих веков в результате расчистки земельных угодий под пашню и пастбища, заготовки деловой древесины и вырубki деревьев на топливо мировой ареал лесных экосистем сократился приблизительно до 42 млн. кв. км, т.е. почти на одну треть по сравнению с периодом до развития сельского хозяйства. И сегодня площадь лесов продолжает уменьшаться в среднем на 1,5–2% ежегодно. На 10 вырубленных гектаров приходится всего 1 гектар лесных посадок.

Расчистка лесных участков под посевы сельскохозяйственных культур высокого потребительского спроса (кофе, какао, бананы, гевея и др.) послужила причиной уничтожения сомкнутых лесов в тропических районах Африки, Азии и Америки. Количество потребляемого для фотосинтеза углекислого газа и выделяемого при этом кислорода год от года снижается, так как интенсивность фотосинтеза плантаций сельскохозяйственных культур много ниже, чем лесов.

Контрольные вопросы

1. Почему сведение лесов влияет на климат планеты?

2. Охарактеризуйте экологическую ситуацию в биоме тропических лесов.

Справочный материал

В 1990 г. под эгидой ФАО (Продовольственная и хозяйственная организация ООН) в 62 странах была проведена инвентаризация тропических лесов. Эта акция показала, что темпы их сведения значительно возросли: в середине 80-х гг. ежегодно уничтожалось 11,3 млн. га, в 90-х гг. – уже 16,8 млн. га. К настоящему времени площадь влажных тропических лесов в Латинской Америке сократилась на 37% от первоначальных площадей, в Азии – на 42%, в Африке – на 52%.

В бассейне Амазонки при сведении влажных тропических лесов в некоторых районах температура воздуха возросла на 2,5–3,5 градусов, количество атмосферных осадков уменьшилось на 26%, возросла скорость эрозионных процессов, увеличилось количество катастрофических паводков и др. Аналогичные процессы наблюдаются и в других странах, где на значительных площадях сводятся леса.

§ 80. ОПУСТЫНИВАНИЕ

В районах с засушливым климатом под влиянием хозяйственной деятельности человека широкое распространение получило *опустынивание* – появление экосистем с редким растительным покровом, близких к пустыням. При опустынивании снижается биологическая продукция, видовое богатство и разрушаются почвы. За последние 50 лет опустыниванию подверглось свыше 800 млн. га земли, основная часть этой площади приходится на районы, расположенные южнее пустыни Сахара.

Опустынивание получило распространение в РФ и соседних странах СНГ. В Калмыкии вторичные пустыни сменили степи на огромных площадях в результате выпаса поголовья овец, которое во много раз превышало пастбищную емкость естественных кормовых угодий. В Астраханской области "лунные пейзажи" окружили районы добычи газа. В Туркмении в 100-километровой зоне вдоль Каракумского канала, имеющего протяженность свыше 1000 км, произошло вторичное засоление почв, и образовались бесплодные пустыни. Опустынивание стало бичом Узбекистана, Азербайджана и других южных стран СНГ. Свыше 2,5 млн. га мертвых пустынь, практически лишенных

растительности, возникло при уменьшении площади Аральского моря.

Контрольные вопросы

1. Что такое опустынивание?
2. Приведите примеры опустынивания под влиянием разных факторов.

Справочный материал

В табл. 6 показана доля опустыненных земель в основных засушливых регионах мира.

Таблица 6

Опустыненные плодородные земли (пашня и пастбища)
засушливых регионов земного шара (по Б.Небелу, 1993)

Регион	Площадь, млн. га	% опустыненных земель
Судано-Сахальская Африка	476	88
Южная Африка	305	80
Средиземноморская Африка	101	83
Западная Азия	136	82
Южная Азия	304	70
Азиатская часть бывшего СССР	294	55
Китай и Монголия	309	69
Австралия	495	23
Средиземноморская Европа	71	39
Южная Америка и Мексика	285	71
Северная Америка	390	40
Всего	3166	61

§ 81. УСИЛЕНИЕ ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА

Парниковым эффектом называется разогрев приземного слоя воздуха, вызванный тем, что атмосфера поглощает длинноволновое тепловое излучение земной поверхности, в которое

превращается большая часть достигшей Земли световой энергии Солнца. Благодаря этому температура на поверхности Земли на 33° С теплее, чем было бы в отсутствие этого процесса. Без парникового эффекта биосфера бы проста замерзла.

Парниковый эффект усиливается с повышением концентрации в атмосфере углекислого газа (а также метана, пыли и некоторых других веществ, загрязняющих атмосферу). По этой причине при сжигании большого количества ископаемого топлива, разрушении гумуса почв, осушении болот и уменьшении «стока» атмосферного углерода в растительность в результате сведения лесов происходит потепление климата. Этот эффект на 50% зависит от диоксида углерода, на 33% – от метана и на 17% – от всех прочих газов и пыли.

Потепление климата вызовет катастрофические изменения в биосфере, участятся засухи, начнется таяние ледников полярных шапок, Гренландии и горных массивов и поднимется уровень мирового океана. К 2030 году ожидается повышение уровня океана на 20 см, а к 2100 – на 60 см. В результате могут быть затоплены приморские равнинные страны (в том числе, такие густонаселенные, как Бангладеш). Некоторые страны с холодным климатом (Скандинавские, Канада, Россия) окажутся в выигрышном положении, так как улучшатся климатические условия для их сельского хозяйства. Однако из-за уменьшения количества осадков резко снизится производство зерна в североамериканских прериях, которые являются его главным производителем в глобальном масштабе. Общее производство зерна в мире снизится (рис. 102).

Международное сообщество предпринимает усилия для того, чтобы обязать все страны снизить промышленные выбросы углекислого газа. Об этом подписан целый ряд международных документов, необходимость решения этой проблемы специально отмечена в документах Международной конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются физические причины парникового эффекта?
2. Какими будут последствия для биосферы, если парниковый эффект будет продолжать усиливаться?

Справочный материал

В настоящее время содержание углекислого газа в атмосфере составляет 336 частей на 1 миллион, ежегодное увеличение его содержания оценивается в 1–2 части на 1 миллион. При повышении концентрации диоксида углерода до 400–500 частей произойдет потепление поверхности всей планеты в среднем на 1–1,5 градуса, а при концентрации 600–700 частей – на 4–5 градусов.

Одним из виновников усиления парникового эффекта является авиация: при работе двигателей самолетов образуется очень много диоксида углерода. Подсчитано, что одно пассажирское место в самолете «производит» на 1 км пути 684 г оксида углерода (автомобиля – 83 г, а электропоезда – 31 г). Один современный лайнер при перелете из Европы в Америку сжигает 100 т горючего и выделяет в атмосферу 80 т углекислого газа. Для сравнения: 1 га леса выделяет в год 200 кг кислорода. Значит, чтобы компенсировать затраты кислорода на такой полет 500 га леса должны давать кислород в течение года.

Несмотря на документы конференции в Рио-де-Жанейро (1992), которые обязывали все страны уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу, положительный результат был достигнут только в Германии, которая снизила выбросы на 10%. В России выбросы углекислого газа уменьшились на 27,4%, но это произошло в результате спада производства. В то же время Индонезия увеличила выбросы углекислого газа почти на 40%, Китай и Индия – на 30%, Бразилия – на 20%.

В США, доля которых в глобальном выбросе углекислого газа составляет 27,9%, выбросы увеличились на 6,2%. Эта страна является печальным рекордсменом в загрязнении окружающей среды. При среднемировом количестве выбросов углекислого газа на одного человека – 0,9 т (в России – 2,9, в Индии – 0,3), в США выбрасывается в атмосферу ежегодно 5,3 т на каждого американца

Гипотеза о неизбежности потепления климата и таяния льдов с последующим повышением уровня океана признается не всеми. Существуют другие гипотезы, в соответствии с которыми потеплению климата будут препятствовать океанические течения, похолодание в высоких широтах и увеличение облачности.

§ 82. РАЗРУШЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

В настоящее время отмечено ухудшение состояния озонового слоя и образование «озоновых дыр» (областей с пониженным содержанием озона) над полюсами Земли, что представляет экологическую опасность. Временные «дыры» возникают также над обширными районами вне полюсов (в том

числе и над континентальными районами России). Причиной этих явлений является попадание в озоновый слой хлора и оксидов азота, которые образуются в почве из минеральных удобрений при их разрушении микроорганизмами, а также содержатся в выхлопных газах автомобилей. Эти вещества разрушают озон с более высокой скоростью, чем он может образовываться из кислорода под влиянием ультрафиолетовых лучей.

Сохранение озонового слоя – одна из глобальных задач мирового сообщества. Для прекращения разрушения озонового слоя и его восстановления необходимо отказаться от использования хлорсодержащих веществ – хлорфторуглеродов (фреонов), используемых в аэрозольных упаковках и холодильных установках. Необходимо также уменьшение количества выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания и доз азотных минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

Содержание озона может увеличиваться в приземном слое атмосферы, так как озон является фотооксидантом, образующимся из оксида азота и углеводородов под влиянием ультрафиолетовых лучей. В этом случае он оказывается опасным загрязнителем, вызывающим раздражение дыхательных путей человека и ухудшающим состояние лесов. Однако отрицательно сказывается на здоровье человека и чрезмерно низкое содержание озона в атмосфере.

Контрольные вопросы

1. Какую роль в жизни биосферы играет озоновый слой?
2. Какие факторы вызывают разрушение озонового слоя?

Справочный материал

Вследствие разрушения озонового слоя повышается вероятность заболевания человека раком кожи. Этим объясняется высокое распространение этой болезни в Австралии: при населении в 17 млн. человек раком кожи ежегодно заболевает 140 тыс. человек, из которых 1 тыс. умирает.

В России достигнуты несомненные успехи по сокращению производства веществ, разрушающих озоновый слой. С 1990 по 1996 гг. их количество снизилось с 205 до 13 тысяч т. Ряд предприятий России производит холодильники с хладагентами, не разрушающими озоновый слой.

§ 83. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ

Кислотные дожди – это выпадение осадков, в которых содержатся серная и азотная кислоты. При этом происходит самоочищение атмосферы от загрязнения. Причиной кислотных дождей являются выбросы в атмосферу оксидов серы и азота предприятиями топливно-энергетического комплекса, металлургическими и химическими заводами, а также транспортом. Кислотные дожди (а также кислотный туман) вызывают подкисление почв, снижение приростов леса и урожайности сельскохозяйственных культур. При высоких нагрузках кислотных дождей может происходить усыхание лесов и гибель рыб и многих других организмов в озерах. Кроме того, кислотные дожди переводят в растворимое состояние соединения тяжелых металлов, которые усваиваются растениями, а затем с пищей попадают в организм животных и человека, что вызывает у них болезни. Кислотные дожди разрушают памятники архитектуры.

Вследствие атмосферного переноса загрязнения ввиду преобладания ветров западного направления европейская часть России получает значительно больше (примерно в 8 раз) кислотных дождей от наших западных соседей (ФРГ, Чехия, Словакия, Польша), чем переносится в страны Центральной Европы с территории России. Главным «экспортером» сернокислых осадков оказалась Великобритания (она «поставляет» в другие страны в 11 раз больше оксидов серы, чем получает сама), за ней следуют Германия, Польша, Чехия и Словакия.

В настоящее время от кислотных дождей в Европе пострадало почти 50 млн. га лесов, что составляет 35% от общей площади лесных массивов континента. В некоторых странах (Чехия, Словакия, Греция, Англия, Германия, Норвегия, Польша) доля пораженных лесов составляет более половины общей площади массивов.

Пагубная роль кислотных дождей может быть уменьшена только при сокращении выбросов в атмосферу диоксида серы за счет использования на предприятиях новых малоотходных технологий и фильтров на дымовых трубах.

Однако кислотные дожди в ряде случаев могут быть и полезны. В частности, они обогащают почву азотом и серой, которых на очень больших территориях явно недостаточно для получения высоких урожаев. Если же такие дожди выпадают в районах распространения карбонатных, а тем более щелочных почв,

то они снижают щелочность, увеличивая подвижность элементов питания, их доступность для растений.

Кроме кислотных дождей, большой ущерб могут наносить другие формы кислых осадков, например кислые росы, кислый туман, кислый снег.

Контрольные вопросы

1. Выбросы каких предприятий повинны в образовании кислотных дождей?
2. Каковы последствия выпадения кислотных дождей?
3. Как можно снизить интенсивность кислотных дождей?

Справочный материал

Количество серы и азота, выпадающих в европейской части России с дождевыми осадками за период с 1991 по 1997 гг. уменьшилось почти на 20% за счет снижения собственных выбросов. Однако вклад трансграничного переноса возрос с 60% до 68%. В 1997 г. выпало 1965 т серы и 1571 т азота.

Кислый туман, представляющий собой взвесь мельчайших капелек воды, в которых растворены оксиды серы и азота, образовавшие кислоты. Он для человека опаснее, чем кислотные дожди, так как имеет более кислую реакцию ($\text{pH} < 2$) и, попадая в дыхательные органы человека, поражает слизистые оболочки. Кислый туман не улавливается обычной измерительной техникой и потому ускользает от контроля загрязнения атмосферы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отличие от остальных видов животных, населяющих нашу планету, вид *Homo sapiens* – биосоциальный. В результате более высокого уровня социальной организации популяций и способности к накоплению знаний он не только адаптируется к внешней среде, но и адаптирует окружающую среду, делая ее более удобной для своей жизни. При этом адаптация человеком окружающей среды в большинстве случаев носит разрушительный характер, и ее масштабы в XX столетии достигли уровня глобальных процессов разрушения биосферы.

Человек нарушает литосферу при добыче полезных ископаемых, создании гидротехнических сооружений и строительстве в городах, что стало причиной землетрясений и проседания поверхности земли на обширных регионах. Он вырубил около половины лесов планеты, сжигал все больше углеродистых

энергоносителей на промышленных предприятиях и в двигателях транспортных средств, распахал более 10% площади суши, осушил часть болот. В результате этого нарушился круговорот углерода – увеличилось поступление диоксида углерода в атмосферу, что стало причиной усиления парникового эффекта.

Глобальные последствия имеют нарушения человеком круговоротов воды, азота и фосфора. Водозабор для полива сельскохозяйственных культур резко увеличил испарение, значительная часть пресной воды потеряла свое качество из-за загрязнения. К естественной фиксации азота микроорганизмами и поступлению азота в почву при грозах добавились «поставки» азота с минеральными удобрениями и кислотными дождями. Особенно опасно вмешательство человека в круговорот фосфора, который в отличие от круговоротов воды, углерода или азота – открытый: фосфор, содержащийся в горных породах, постепенно вымывается и оседает на дне водоемов. Применение минеральных фосфорных удобрений резко ускорило этот процесс. Миру угрожает фосфорный голод, что вызовет снижение урожая главных продовольственных культур – зерновых.

Деятельность человека стала причиной нарушения равновесного состояния озонового слоя Земли. Выбросы в атмосферу больших количеств оксидов серы и азота при работе тепловых электростанций стали причиной кислотных дождей. Эти дожди разрушают водные экосистемы и снижают плодородие почвы.

В конце XX столетия глобальные последствия адаптации человеком среды своего обитания стали столь опасны, что мировое сообщество вынуждено принимать меры для защиты биосферы.

Индивидуальное задание

Тема реферата: «Проявление глобальных последствий влияния человека на биосферу в моем районе».

Свяжитесь с организациями, контролирующими состояние окружающей среды в вашем городе (или административном сельском районе) и соберите данные о том, как проявляются последствия глобальных изменений биосферы человеком. Выявите, какой вклад в разрушение биосферы вносит деятельность человека в вашем районе.

Разобраться в тех глобальных процессах изменения окружающей среды, которые проявились в вашем районе, помогут следующие книги:

Будыко М.Н. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977.

Израэль Ю.А., Ровинский Ф.Я. Берегите биосферу. М.: Педагогика, 1987.

Винокурова Н.Ф., Трушин В.В. Глобальная экология: Учеб. Для 10-11 кл. профильн. шк. М.: Просвещение. 1998.

Глава 16. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МИРОВОЗЗРЕНИЯ XX ВЕКА

Экологическое мировоззрение – это видение ретроспективы, современного состояния и перспективы отношений человека и природы. Оно определяет стратегию и тактику природопользования и охраны природы. Экологическое мировоззрение – фундамент формирования экологического самосознания, которое выражается экологической культурой поведения индивидуума, осознающего, что он является частью общего – человечества и биосферы – и что от поведения конкретных индивидуумов зависит будущее всего человечества.

Прогнозировать будущее человечества очень сложно, и потому сосуществуют четыре варианта экологического мировоззрения, которые возникли в прошлом столетии, но окончательно оформились в период стремительного научно-технического прогресса человечества в XX веке.

§ 84. СЦИЕНТИЗМ

Сциентизм (от латинского *scientia* – наука, синоним – технократический подход) – это самое оптимистическое мировоззрение. В его основе лежит вера в познаваемость мира и возможность решать любые проблемы, стоящие перед человечеством – энергетические, демографические, политические и т.д. Сциентисты допускают возможность увеличения народонаселения планеты до 30 млрд. человек.

Выражением сциентизма была концепция *ноосферы*, которую развил В.И. Вернадский. Ноосфера понималась Вернадским как сфера разума, планетарный аналог коммунизма, гармоничное соединение природы и общества, торжество разума и гуманизма, слитые воедино наука, общественное развитие и государство, мир без оружия, войн и экологических проблем, в котором реализуется вера человечества в великую миссию науки.

Вернадский считал, что разум человека – это планетарное явление, которое развивается, и потому человек на определенном этапе развития может заменить регулятивные механизмы природы своим управлением (ныне такая технократическая модель

будущего называется «мир без природы»). Он сможет перейти на «автотрофное питание» и таким путем снять ограничение роста человечества, связанное с возможностями производства биологической продукции. Значительная часть продуктов питания будет производиться на заводах за счет новых источников энергии.

Большинство современных ученых (например, академик Н.Н. Моисеев) противопоставляют сциентизму гуманизм. Они считают, что только встраивание хозяйственной деятельности человека в биосферу без ее разрушения даст шанс человеку на выживание. В этом случае ноосфера понимается не как сфера разума, а как сфера разумности, где человек не будет центральной фигурой. Ведущая роль останется за природой.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит экологическая опасность концепции ноосферы В.И.Вернадского?
2. Как предлагает понимать ноосферу академик Н.Н.Моисеев?

Справочный материал

Сциентизм был очень характерен для русских ученых конца XIX – начала XX столетия. В этот период русская интеллигенция была революционно настроена и верила не только в возможность быстрого переустройства общества, но и в необходимость коренного улучшения природы в глобальном масштабе. Эти представления были утопическими.

К утопическим представлениям Вернадского о ноосфере как сфере разума были близки идеи К.Э. Циолковского. Он считал возможным прокормить на Земле 1,5 триллиона людей и предлагал проект изоляции атмосферы от космоса кварцевыми щитами для исключения оттока в космос углерода и азота и увеличения площади суши за счет покрытия большей части океана специальными щитами. Азот атмосферы, по его мнению, должен быть полностью превращен в формы, доступные растениям. Циолковский верил в возможность расселения человека в космосе.

В числе утопистов был крупный эколог-экономист, автор теории кооперации А.В. Чайнов, предлагавший разобрать на полив реки, которые питают Аральское море, и, «пожертвовав Аралом», создать в пустыне цветущий сад (что получилось после забора даже части стока этих рек, мы уже знаем).

Не избежал утопичности великий генетик Н.И. Вавилов, который предлагал увеличить площадь орошаемых земель в

Средней Азии в десять раз и даже поговаривал о том, что надо вырубить тропические леса и заменить их культурными плантациями.

Элементы утопизма у русских ученых сохранились даже во второй половине XX столетия. Их пример – футурологические представления А.Д. Сахарова о разделении всей территории планеты на две части – эксплуатируемую (рабочие территории, РТ) и заповедную (заповедные территории, ЗТ). Отводя на РТ всего 30% суши, он предполагал за счет атомной энергетики, основанной на новых принципах, полностью обеспечить энергией гигантские плантации закрытого грунта в тундре, а в пустыне расширить площади поливных земель за счет поворота крупных сибирских рек на юг.

Вариант «биологического сциентизма» был характерен для крупного биофизика и генетика Н.В. Тимофеева-Ресовского. Он считал, что природная фиксация солнечной энергии и соответственно биологическая продукция биосферы крайне низки: даже в оптимальных условиях обеспечения теплом, влагой и элементами минерального питания экосистемы усваивают не более 2% от поступающей на поверхность планеты солнечной энергии. При повышении усвоения солнечной энергии до 6–8% можно резко повысить продукцию биосферы и накормить население планеты в 20-30 млрд. человек. Это невозможно, так как верхний порог фиксации солнечной энергии определяется генетическими факторами. Кроме того, увеличение продукции фотосинтеза должно быть сбалансировано с водным и минеральным питанием растений, которые ограничены действием лимитирующих факторов.

К российским утопистам прошлого примыкают современные американские корнукопианцы (от латинского *cornucopiae* – рог изобилия) – сторонники технократической модели мира. Корнукопианцы считают возможности получения энергии и ресурсы биосферы безграничными, способными обеспечивать максимальный, нерегулируемый рост народонаселения. В основе их взглядов лежат следующие положения:

все проблемы могут быть решены технологическими нововведениями;

всем исчерпаемым ресурсам будет найдена замена, кроме того, будут разведаны новые, ныне неизвестные, месторождения полезных ископаемых;

судьба диких растений и животных зависит от их пользы для человека, значительная часть их неизбежно исчезнет, так как количество видов избыточно;

высокий темп экономического роста позволит правительствам создавать очистные сооружения за счет централизованных фондов.

§ 85. АЛАРМИЗМ

Алармизм (от английского alarm – тревога) находится на полюсе, противоположном сциентизму. Алармисты считают, что глобальный экологический кризис с трагическими последствиями для человечества (вплоть до полного вымирания) неизбежен.

Яркий пример алармизма – доклады «Римского клуба» – неправительственной организации, созданной в 1968 г. под председательством экономиста-футуролога Аурелио Печчеи (1909–1984). Самым известным стал подготовленный под руководством Д. Медоуза доклад «Пределы роста», в котором была обоснована неизбежность исчерпания ресурсов и губительного для биосферы загрязнения окружающей среды. Различные виды ресурсов, по мнению идеологов «Римского клуба», будут исчерпаны в ближайшие 20–100 лет, одновременно за этот же период загрязнение достигнет уровня, который резко ухудшит состояние биосферы и затруднит жизнь людей.

Медоуз сравнил человечество с самоубийцей, которому невозможно помочь до тех пор, пока он сам не откажется от своего намерения. «Человечество, – писал он, – продолжает вести себя как самоубийца, и больше не имеет смысла аргументировать что-либо самоубийце, готовому выпрыгнуть из окна».

Мрачные прогнозы алармистов опровергла практика природопользования в Японии и ФРГ, где смогли доказать, что развитие промышленности и сельского хозяйства – не альтернатива сохранению условий среды. Этим странам удалось достичь больших успехов в борьбе с загрязнением и во внедрении малоресурсных технологий. В итоге, даже «Римский клуб» отошел от алармистского взгляда на мир.

Сегодня алармизм воспринимается как предостерегающее мировоззрение. Представление о неизбежном «конце Света» большинство экологов не разделяет.

Контрольные вопросы

1. В чем суть мировоззрения алармистов?
2. Расскажите о «Римском клубе».
3. Какие успехи в деле охраны окружающей среды поставили под сомнение прогнозы алармистов?

Справочный материал

Истоки алармизма – очень древние, апокалипсис, то есть «конец Света», предсказан в Библии. Еще раньше иероглифический петроглиф на пирамиде Хеопса гласил: «Люди погибнут от неумения пользоваться силами природы и от незнания истинного мира».

Мрачными были пророчества о будущем человечества великого итальянца эпохи Возрождения Леонардо да Винчи, который считал неизбежным разрушение человеком природы в результате опустошительных войн. Он писал: «На земле всегда будут происходить опустошительные войны...и смерть нередко будет уделом всех борющихся сторон. С беспредельной злобой эти дикари уничтожат множество деревьев в лесах планеты, а затем обратят свою ярость на все, что еще найдется живого вокруг, неся ему боль и разрушение, страдание и смерть. Ни на земле, ни под землей, ни под водой не останется ничего нетронутого и неповрежденного. Ветер разнесет по всему миру лишенную растительности землю и присыплет ею останки существ, наполнявших когда-то жизнью разные страны».

Алармистом был крупнейший эволюционист прошлого столетия Ж.Б. Ламарк, который считал, что предназначение человека состоит в том, чтобы уничтожить себя, сделав предварительно непригодной для жизни собственную среду обитания. В эти же годы гибель человечества от перенаселения предсказал Т. Мальтус.

§ 86. КОНСЕРВАЦИОНИЗМ

Консервационизм – это утопические экологические представления о возможности сохранения природы в девственном состоянии (или возврата к этому состоянию). Ученые, придерживающиеся этого мировоззрения, явно или неявно руководствуются лозунгом «Назад к природе». Главный элемент консервационизма – утверждение необходимости депопуляции, то есть сокращения населения планеты до 0,5–1,5 млрд. человек.

Решив эту задачу, человечество сможет резко снизить объем производства, перейти на использование экологически чистых источников энергии, в сельском хозяйстве полностью откажется от минеральных удобрений и пестицидов, вместо больших городов построит уютные экосити и т.д. Все это позволит нормализовать круговороты воды и углерода (которые станут такими, какими они были до научно-технической революции),

обеспечить охрану биологического разнообразия. Резко сократится загрязнение окружающей среды, а умеренное использование ресурсов и их рециклинг (то есть многократное использование) за счет широкого использования вторичного сырья снимет угрозу их истощения.

Сократить народонаселение планеты предлагается в течение 50–100 лет за счет внедрения требования «одна семья – один ребенок». Несмотря на экологическую привлекательность сценария консервационистов, он невыполним в силу социальных причин, так как заставить людей силой следовать принципу «одна семья – один ребенок» невозможно. На страже многодетных семей стоят национальные традиции и религия, запрещающая регулирование деторождения.

Мировоззрение консервационизма широко распространено среди представителей зеленого движения, которые выступают за закрытие химических предприятий, против строительства атомных электростанций и водохранилищ. При этом они не предлагают реальных альтернатив отвергаемым проектам и не учитывают экономической ситуации в странах, где намечено это строительство.

Трем рассмотренным экологическим мировоззрениям сегодня противопоставлен *экологический реализм*, на основе которого сформулированы представления об *устойчивом развитии* мирового сообщества. Эти представления мы рассмотрим в следующей главе.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные положения консервационизма?
2. Почему невозможно реализовать идею депопуляции?

Справочный материал

Требование «одна семья – один ребенок» внедряется в Китае при помощи жестких экономических и юридических санкций. Однако даже при тоталитарной системе авторы этой программы надеются в течение ближайших 50 лет уменьшить население с 1 до 0,8 млрд. человек. В настоящее время рост народонаселения удалось замедлить, но не прекратить.

Наиболее решительно идею депопуляции пыталась реализовать на практике Индира Ганди, которая в 1976 г. приступила к реализации новой программы контроля рождаемости. Насильственной стерилизации подлежали все мужчины, у которых есть уже трое (штат Махарашатра) или даже

двое детей (штаты Пенджаб и Хараяна). Аналогично насильственно прерывалась беременность у женщин с тремя или двумя детьми.

Для выполнения этой программы была разработана система поощрений не только для тех, кто дал согласие на стерилизацию или аборт, но и для информаторов. Власти премировались за выполнение квоты на стерилизацию. Итог этой дикой акции был плачевным: Индира Ганди провалилась на выборах, а население Северной Индии просто взбунтовалось. Правительство ушло в отставку в 1977 г., а когда в 1980 г. Индира Ганди вновь вернулась к руководству страной, то на уже отказалась от столь жесткой демографической политики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозировать будущее человечества очень сложно. Поэтому разные экологи видят его по-разному. Сложилось четыре основных экологических мировоззрения:

– алармизм. Это пессимистический взгляд в будущее: в результате загрязнения окружающей среды и истощения ее ресурсов человечество погибнет. Правильность этого прогноза поставлена под сомнение успехами развитых стран, таких как Япония и ФРГ, которым удается сочетать интенсивное хозяйство и сохранение окружающей среды;

– сциентизм (или технократический подход). Это «сверхоптимистичный» взгляд в будущее: наука решит все проблемы – истощаемость ресурсов, загрязнение окружающей среды, в «мире без природы» может нормально жить 30 и более миллиардов человек. Этого мировоззрения явно или неявно придерживается большинство современных политиков и хозяйственников.

– консервационизм. Это радикальное экологическое мировоззрение, за которым стоит призыв «назад к природе» с сокращением народонаселения до 500 млн. человек, что позволит резко уменьшить давление человека на природу. Несмотря на экологичность такого видения будущего, оно нереалистично. Этого мировоззрения придерживается большинство лидеров «зеленых движений»;

– экологический реализм. Это мировоззрение основывается на признании реалий многонационального мира. При экологизации всех сфер деятельности человека можно построить мировое сообщество устойчивого развития, в котором будут обеспечены нормальные условия жизни для 10-12 млрд. человек.

Индивидуальное задание

Тема реферата: «Мое экологическое мировоззрение».

Выберите одно из экологических мировоззрений и обоснуйте его преимущества.

Используйте следующую литературу:

Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие. (М.: Изд-во УРАО, 1997).

Бестужев-Лада И.В. Альтернативная цивилизация. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998.

Глава 17. ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБЩЕСТВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

§ 87. ЧТО ТАКОЕ ОБЩЕСТВО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Построение общества устойчивого развития, в котором обеспечивается нормальная жизнь ныне живущим и будущим поколениям за счет экологизации образа жизни, является стратегической задачей для всего человечества. Задачей очень сложной, требующей для решения объединения усилий всех народов, населяющих планету. На пути к этому обществу экологического благополучия – множество трудно разрешимых проблем: регулирование роста народонаселения, обеспечение продуктами питания, ресурсами и энергией, контроль уровня загрязнения, сохранение биоразнообразия. Необходимо формирование нового человека – «Номо ecologicus» – с ограниченными потребностями, повышение эффективности международного сотрудничества и активизация общественных экологических движений. Решение каждой из проблем – ступенька на пути к обществу устойчивого развития.

Проблемы снижения уровня загрязнения среды и сохранения биологического разнообразия, уже были рассмотрены. Рассмотрим остальные проблемы.

Справочный материал

Большой вклад в разработку концепции построения общества устойчивого развития внес американский Институт «Worldwatch», директором которого является эколог-экономист Л. Браун.

Браун считает, что в настоящее время в мировом сообществе уже произошел перелом в отношении к проблеме

устойчивого развития, и начиная с 1990 года оно вступило в новую «энвайронментальную эру», которая сменила эру экономического развития. Ключевым признаком новой эры Браун считает переключение систем национальной безопасности с решения военных задач (период «холодной войны») на вопросы обеспечения населения продовольствием, регулирования роста народонаселения и охраны окружающей среды. По его мнению, в этот период должен практически прекратиться рост производства, а национальные доходы разных стран должны быть переключены на поддержание экологической безопасности и экологически оправданное перераспределение производственных мощностей между разными территориями.

§ 88. РЕГУЛИРОВАНИЕ РОСТА НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ

Регулирование роста народонаселения является ключевой задачей на пути построения общества устойчивого развития. По разным прогнозам на нашей планете может жить от 0,5 млрд. (консервационисты) до 30 млрд. человек (сциентисты). Экологические реалисты считают, что население планеты необходимо стабилизировать на уровне 8–12 млрд. человек. Предельное народонаселение определяется *поддерживающей емкостью* планеты (и отдельных экосистем) как пределом ее буферных способностей выдерживать хозяйственную деятельность человека.

До настоящего времени периоды удвоения населения на планете становились менее продолжительными. В начале нашей эры население Земли составляло 270 млн. человек. Первый миллиард был достигнут к 1800 г., второй – к 1938г., третий – к 1960 г., четвертый – к 1975 г., пятый – к 1987 г., шестой – к 2000 г. Соответственно время, которое потребовалось для того, чтобы на Земле появлялся каждый новый миллиард людей со второго и до пятого, уменьшалось по ряду: 138–22–15–12–12 лет. После того, как население планеты достигло 5 млрд., сокращение срока уже не происходило: он сохранился, что свидетельствует о начале процесса замедления роста народонаселения. (Рис. 103.)

Бурный рост народонаселения планеты породил множество сложных экологических и экономических проблем – голод, истощение ресурсов (в первую очередь воды), снижение биологического разнообразия и разрушение почв, повышение уровня загрязнения всех жизненных сред, сложные отношения между представителями разных этнических групп (например, отношение к русским в Прибалтике), локальные военные

конфликты (арабо-израильский конфликт, война в Нагорном Карабахе, грузино-абхазская война и др.).

Основным показателем демографического процесса является *коэффициент рождаемости* – число рождений детей, приходящихся на одну женщину. Сегодня этот коэффициент в мире равен 3,6, в развитых странах – около 2 (это же значение он имеет в России), в африканских (Руанда, Замбия) – превышает 8. Величина коэффициента рождаемости в мире имеет тенденцию к снижению, и если в 1968 г. он составлял 4,6, то в 1987 г. – 3,6.

С коэффициентом рождаемости связаны показатели продолжительности жизни, детской смертности и характер возрастной пирамиды.

В странах с высоким коэффициентом рождаемости средняя ожидаемая *продолжительность жизни* составляет 40–50 лет, а *детская смертность* (число детей, которые умерли в течение первого года жизни в расчете на 1 тыс. новорожденных) – 200. В процветающих и демографически благополучных странах с коэффициентом рождаемости около 2 (США, Япония, Европа) продолжительность жизни превышает 70 лет и детская смертность составляет 5–10.

В странах с низким и высоким коэффициентом рождаемости возрастные пирамиды различаются: в развивающихся странах до старости доживают сравнительно немногие, а развитых – почти все (рис. 104).

Таким образом, проблема перенаселения планеты, о которой писал еще Т. Мальтус, не стала глобальной, но продолжает оставаться острой региональной проблемой для развивающихся стран.

Регулирование роста народонаселения в демографически неблагополучных странах является крайне сложной задачей, так как силовые методы оказались малоэффективными. Улучшает демографическую ситуацию лишь общее повышение уровня жизни и образования населения. Большую роль в регулировании роста народонаселения играет степень доступности контрацептивов. Есть мнение, что именно в эту сферу должна быть направлена помощь богатых стран бедным.

Процесс стабилизации роста народонаселения в демографически неблагополучных странах должен пройти три стадии: примитивная стабильность (высокая рождаемость и высокая смертность, этот этап практически прошли уже все страны), быстрый рост народонаселения (высокая рождаемость, снижение смертности за счет развития медицины) и цивилизованная

стабильность – низкая рождаемость и низкая смертность (на этой стадии находятся демографические процессы в развитых странах).

Фактором, препятствующим проведению разумной демографической политики, является религия, так как во всех конфессиях акт рождения нового человека считается священным и не подлежащим внешним вмешательствам.

Контрольные вопросы

1. Какая закономерность прослеживается при анализе роста населения планеты в нашей эре?
2. Что означает коэффициент рождаемости и в каких пределах лежат его значения в разных странах?
3. Какая общая тенденция изменения коэффициента рождаемости наблюдается в мире сегодня?
4. Какие варианты решения проблемы регулирования роста народонаселения вы знаете?
5. Каковы прогнозы ООН о стабилизации народонаселения мира и отдельных стран?

Справочный материал

По прогнозам ООН стабилизация народонаселения мира ожидается к 2110 г. на уровне 10,5 млрд. человек, при этом разные регионы мира придут к стабилизированной численности народонаселения с разной скоростью: Европа – к 2030 г., Северная Америка – к 2060 г., Азия – к 2095 г., Латинская Америка – к 2100 г., Африка – к 2110 г.

Сегодня 80% населения планеты проживает в странах, где коэффициент рождаемости продолжает снижаться. Так, например, с 1968 г. по 1985 г. он снизился в Бангладеш (с 6,98 до 6,2), Колумбии (с 6,54 до 3,1), Индии (с 5,67 до 4,3), Индонезии (с 6,46 до 4,2), Мексике (с 6,59 до 4,0), Китае (с 4,20 до 2,4), Таиланде (с 5,86 до 3,5).

При разработке подходов к регулированию роста народонаселения нельзя оценивать перенаселение формально только по количеству людей, которое приходится на 1 кв. км территории (т.е. по плотности населения). Есть страны со сверхвысокой плотностью населения, которые обеспечивают высокий уровень жизни населения и охрану окружающей среды за счет импорта ресурсов и использования для их переработки новейших технологий. Примерами таких стран являются Япония (536 человек на 1 кв. км), Нидерланды (644), Тайвань (1002),

Гонконг (8886). Однако такие процветающие страны оказывают негативное влияние на состояние среды и ресурсов бедных стран, так как производят на их территории зерно с использованием пестицидов и высоких доз удобрений, размещают экологически опасные производства, экспортируют в них свои отходы.

Нельзя уравнивать влияние на окружающую среду жителей богатых и бедных стран. Так, гражданин США «давит» на окружающую среду в 14 раз сильнее, чем индус, так как потребляет значительно больше продуктов питания и предметов быта, производство которых негативно сказывается на состоянии окружающей среды.

Строгая иммиграционная политика демографически благополучных стран (США, ФРГ, Швеция) связана с тем, что они опасаются эмигрантов из бедных стран, способных ухудшить экологическую ситуацию. Кроме того, эти эмигранты часто являются носителями опасных болезней (в первую очередь – СПИДа).

В России неблагоприятная для роста населения ситуация сложилась из-за падения рождаемости (следствие малочисленности поколения, родившегося во время войны, а соответственно и поколения их детей, а также экономического спада при сохранении довольно высокой смертности). Средняя ожидаемая продолжительность жизни составляет сейчас 58–60 лет, а детская смертность превышает 20. Среди причин низкой продолжительности жизни в России – алкоголизм и связанные с ним травмы. После сердечно-сосудистых заболеваний в России – это наиболее распространенная причина смерти (во всех развитых странах на втором месте – смертность от рака).

§ 89. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Продовольственная безопасность – это обеспечение в достаточном количестве производства продуктов питания для населения отдельной страны или всего мирового сообщества в целом. Продовольственная безопасность предполагает обеспечение продуктами питания не только ныне живущего поколения, но и поколений потомков. По этой причине она может быть достигнута только в том случае, если сельское хозяйство будет организовано на экологической основе, т.е. будет обеспечено сохранение агроресурсов (почв, естественных кормовых угодий, воды и т.д.).

Несмотря на то, что сегодня в мире производится 329 кг зерна на душу населения (по нормативам ООН средняя потребность человека в основном продукте питания составляет 300 кг), проблема

продовольственной безопасности для ныне живущего человечества не решена: наряду с процветающими странами имеются обширные регионы в Азии, Африке и Южной Америке, где значительная часть населения голодает или не доедает.

Обеспечение продовольственной безопасности для будущих поколений является сложнейшей проблемой, так как процессы разрушения почв, деградации пастбищ и катастрофического снижения запасов пресной воды, которая может быть использована для полива, продолжают. Без прекращения этих пагубных процессов обеспечить продовольственную безопасность невозможно.

Для обеспечения продовольственной безопасности человечество должно перейти от «политики расточительства» к «политике дефицита» и очень экономно расходовать зерно, резко сократив его использование на откорм скота. (Сегодня в США из 800 кг зерна, которое производится на душу населения, 600 кг расходуется на откорм сельскохозяйственных животных.)

Должно быть полностью прекращено использование продукции растениеводства на непродовольственные нужды (в США производится горючее из подсолнечного масла и даже из зерна). Должно быть прекращено использование для тех же целей продуктов животноводства (в Новой Зеландии из бараньего жира производится горючее). При производстве животного белка необходимо перейти на те виды животных, откорм которых наиболее эффективен.

В диете будущих поколений людей будет значительно больше растительного белка, получаемого за счет бобовых растений (в первую очередь, сои). Производство такого белка требует несравненно меньше энергии, поскольку получается на первом трофическом уровне.

В России в настоящее время продовольственная безопасность не обеспечивается и в питании велика доля импортных продуктов. Тем не менее, потенциал сельского хозяйства позволяет решить проблему обеспечения населения своим продовольствием в ближайшие годы.

Контрольные вопросы

1. Что такое продовольственная безопасность?
2. Каковы основные нормативы продовольственной безопасности?
3. Охарактеризуйте проблему голода в современном мире.

4. В чем заключается сложность обеспечения продовольственной безопасности для будущих поколений землян?

5. Охарактеризуйте состояние продовольственной безопасности в России и мире.

Справочный материал

Сегодня в мире голодает 1,2 млрд. человек. Эта цифра отражает число тех, кто недоедает или получает неполноценную пищу. Более 2500 ккал в сутки (медицинская норма) получает только каждый третий житель планеты. Значительная часть населения не получает животного белка и имеет очевидно неполноценное питание. Так, в Гватемале население питается в основном кукурузой, в Гондурасе – бананами, на Кубе – сахаром.

Продолжающийся рост народонаселения и разрушение агроресурсов в результате неправильного использования (под влиянием эрозии, засоления, промышленного загрязнения, отвода сельскохозяйственных земель под строительство и т.д.) привели к постепенному уменьшению площади пашни и снижению производства зерна на душу населения (с 1980 по 2000 гг. – с 0,16 до 0,12 га и с 322 до 295 кг).

Важную роль в обеспечении продовольственной безопасности многих стран играет рыбный промысел (а также промысел других морепродуктов – криля, креветок, омаров, крабов, кальмаров, устриц и др.). В настоящее время до 1/4 потребности населения мира в животном белке удовлетворяется за счет рыбы. Однако уловы рыбы, которые в период с 1950 по 1970 г. примерно удвоились и достигли 18 кг на одного жителя планеты, стали снижаться в результате чрезмерно интенсивной эксплуатации популяций основных промысловых видов (трески, тунца, пикши, мокрели, сельди, хека, сардин, мойвы, анчоуса и др.). К 2000 г. промысел рыбы на одного землянина упал до 10 кг.

§ 90. РЕШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

В обществе устойчивого развития должно быть достигнуто обеспечение энергией без истощения ресурсов энергоносителей и при минимальном загрязнении среды, так как энергетика – основа развития промышленности, сельского и коммунального хозяйства.

Современная структура мирового энергопотребления следующая: нефть – 35%, уголь – 25, газ – 23, гидроэнергия – 10, АЭС – 7. (В РФ доля АЭС – 13%.) Однако современная энергетика на основе исчерпаемых источников энергии не может обеспечить

устойчивого развития, кроме того, современные технологии добычи и переработки энергии сопряжены с загрязнением окружающей среды.

В прогнозах построения устойчивого мирового сообщества не отвергается возможность использования традиционных источников энергии, которые питают современную цивилизацию. Более того, предполагается, что возрастет доля атомной энергетики. Однако все традиционные отрасли энергетики будут экологизированы.

Будут сохранены все отрасли теплоэнергетики (с преимущественным развитием экологически чистого варианта угольной энергетики, так как запасы угля больше, чем нефти или газа). Однако до 30% энергии будет получаться за счет нетрадиционной энергетики из экологически чистых и неисчерпаемых источников. Широкое распространение получит энергосбережение.

Таким образом, общее количество потребляемой энергии не будет существенно сокращено, но энергетика станет менее экологически опасной и более экономной.

Рассмотрим основные пути экологизации энергетики – варианты нетрадиционной энергетики и возможности энергосбережения.

Гелиоэнергетика

Гелиоэнергетика (получение электрической или тепловой энергии за счет солнечной энергии) – одно из самых перспективных направлений нетрадиционной энергетики. По наиболее оптимистичным прогнозам, к 2020 г. гелиоэнергетика будет давать от 5 до 25% мирового производства энергии.

Различают два основных варианта гелиоэнергетики: *физический* и *биологический*. При физическом варианте энергия аккумулируется солнечными коллекторами, солнечными элементами на полупроводниках или концентрируется системой зеркал.

Солнечные элементы (фотоэлектрические преобразователи) используются в космических аппаратах и нетрадиционных транспортных средствах (солнцемобилях, солнцехтах, солнцелетах). Однако более экономична гелиоэнергетика с использованием системы зеркал, которые нагревают масло в трубах солнечных электростанций (СЭС). Впрочем, год от года стоимость фотоэлектрических преобразователей снижается.

При биологическом варианте гелиоэнергетики используется солнечная энергия, накопленная в процессе

фотосинтеза в органическом веществе растений (обычно в древесине). Количество диоксида углерода, которое выделяется при сжигании растительной массы, равно его усвоению при росте растений.

Справочный материал

Солнечные коллекторы применяются в Японии, Израиле, Турции, Греции, Кипре, Египте для нагревания воды и отопления. Ряд предприятий Российской Федерации изготавливает несколько типов солнечных сушилок для сельскохозяйственных продуктов, что позволяет сократить затраты энергии на единицу сухого продукта на 40%. Выпускаются в РФ усовершенствованные плоские солнечные коллекторы и комплексные водонагревательные установки.

Энергия, получаемая на СЭС, в 5–7 раз дешевле, чем энергия ФЭП. Недостатком СЭС является лишь очень большие затраты металла на их сооружение (в пересчете на единицу производимой энергии, они в 10–12 раз выше, чем при производстве энергии на ТЭС или АЭС). Затраты цемента при этом еще выше – в 50–70 раз. СЭС занимают большие площади, и потому их строительство перспективно только в пустынях. Так, к югу от Лос-Анджелеса построена СЭС мощностью 80 МВт, причем затраты на ее строительство быстро окупались, получаемая энергия на 1/3 дешевле, чем энергия АЭС.

Солнцемобили (какисолнцелеты и солнцехты) пока проходят стадии экспериментальных образцов, тем не менее в Японии регулярно проводят их ралли. Уже в 1992 г. в них участвовали и московские создатели нового транспорта. Стоимость моделей – чемпионов ралли в 10–15 раз выше, чем стоимость самого престижного автомобиля.

В 1985 г. японский яхтсмен Кеничи Хори на солнечном катере «Сикринерк» в одиночку пересек Тихий океан за 75 суток, преодолев 3700 морских миль. Яхта была комфортабельно оборудована. В распоряжении яхтсмана были стиральная машина, телевизор, микроволновая печь, холодильник. На катере длиной 9 м и шириной 2,4 м было расположено 9 м² солнечных батарей. Почти половина энергии в дневные часы направлялась в аккумулятор, за счет которого двигатель яхты работал в ночное время.

С 1988 г. в ФРГ и США регулярно проводятся соревнования солнцехт – от миниатюрных каноэ-одиночек до комфортабельных судов с моторами мощностью 12 кВт.

Биологическим вариантом гелиоэнергетики является получение биогаза, а также швельгаза, который образуется при термической обработке (пиролизе) органических бытовых отходов в специальных установках, где они в анаэробных условиях

нагреваются до температуры 400–700° С. (В этом случае затрачивается некоторое количество тепловой энергии из традиционных источников.) В РФ разработаны установки для получения биогаза на фермах с 30 головами крупного рогатого скота и индивидуальные биогазовые установки на 50–200 кг органических отходов в день, позволяющие получать 2,5–12 м³ биогаза.

Австрия планирует в ближайшие годы получать от сжигания древесины до 1/3 необходимой ей электроэнергии. Для этих же целей в Великобритании планируется засадить лесом около 1 млн. га земель, непригодных для сельскохозяйственного использования. Высаживаются быстрорастущие породы, такие как тополь, срезку которого производят уже через 3 года после посадки (высота деревьев – около 4 м, диаметр стволиков – больше 6 см). В Бразилии из отходов сахарного тростника получают этиловый спирт, который используют в качестве топлива; в США работают электростанции, сжигающие отходы кукурузы.

Американская компания «Дженерал электрик» использует биомассу быстро растущих бурых водорослей (ежедневно с 1 га таких плантаций получается энергия, эквивалентная 28 л бензина). Используется также планктонная микроскопическая водоросль спирулина, способная дать с 1 га до 24 т сухого вещества в год. В этом случае организуется замкнутая система производства энергии: зола после сжигания водорослей поступает в бассейн для многократного использования, что снижает расход элементов минерального питания.

Ветроэнергетика

Ветроэнергетика – один из наиболее развитых и перспективных вариантов нетрадиционной энергетики, при котором используется экологически чистый и неисчерпаемый источник энергии – ветер. В настоящее время наибольшего развития ветроэнергетика достигла в Германии, Англии, Голландии, Дании, США (только в штате Калифорния работают 15 тысяч ветряков).

Небольшие ветряные энергетические установки (ВЭУ) – идеальные источники энергии для ферм. Они могут быть подключены к центральной системе энергоснабжения, дающей ферме энергию в период безветрия и, напротив, принимающей излишки энергии от ВЭУ в особо ветреную погоду. Удобны небольшие ВЭУ для дачных участков. По прогнозам, в некоторых странах доля электроэнергии, которая получается на ВЭУ, в будущем может составить 10%.

Справочный материал

Наиболее оправданны небольшие ветряные энергетические установки (ВЭУ) мощностью до 15 кВт, хотя сооружаются и установки мощностью 100–500 кВт. Обычно на одной площадке устанавливается большое количество ВЭУ, образующих т.н. ветровую ферму. Самая большая ферма сооружена в Калифорнии и включает около 1000 ВЭУ, ее общая мощность – 100 МВт.

Попытки сооружения «ветряных монстров» (в устье Эльбы была построена ВЭУ «Гровиан» мощностью 3 МВт, а в штате Огайо в США – мощностью в 10 МВт) неоправданны, так как такие установки вызывают сильное шумовое загрязнение на больших территориях, примыкающих к ВЭУ. ВЭУ в Огайо проработала несколько суток и была демонтирована и продана как металлолом.

Геотермальная энергетика

Геотермальная энергетика – получение тепловой или электрической энергии за счет тепла земных глубин; один из вариантов нетрадиционной энергетике. Экономически эффективна геотермальная энергетика в районах, где горячие воды приближены к поверхности земной коры – в районах активной вулканической деятельности с многочисленными гейзерами (Камчатка, Курилы, острова Японского архипелага). В России перспективным районом для развития геотермальной энергетике является также Северный Кавказ.

Развитие геотермальной энергетике сдерживается ограниченностью числа районов, где она экономически эффективна. Кроме того, экологическую опасность представляют сильно засоленные воды, которые получают после конденсации горячего пара.

Справочный материал

Сегодня геотермальная энергия в широких масштабах используется в США, Мексике и Филиппинах. Доля геотермальной энергетике в энергетике Филиппин – 19%, Мексики – 4%, США (с учетом ее использования «напрямую» для отопления, т.е. без переработки в электрическую энергию) – около 1%. Суммарная энергия всех ГеоТЭС США превышает 2 млн. кВт. Геотермальная энергия обеспечивает теплом столицу Исландии Рейкьявик. Уже в 1943 г. там были пробурены 32 скважины на глубину от 440 до 2400 м, по которым к поверхности поднимается вода с температурой от 60 до 130° С. Девять из этих скважин действует по сей день. В России на Камчатке действует одна ГеоТЭС мощностью 11 МВт и строится еще одна – мощностью 200 МВт.

Приливно-отливная энергетика

Приливно-отливная энергетика – получение электрической энергии за счет использования энергии приливов и отливов; один из вариантов нетрадиционной энергетики. Приливно-отливные электростанции (ПЭС) подобны ГЭС на реках, но «водохранилище» заполняется во время прилива. При этом лопасти турбины вращаются и при повышении уровня воды, и при понижении. В настоящее время ПЭС ограниченной мощности распространены во многих странах мира.

Справочный материал

Первая ПЭС в России создана в Кислой губе Белого моря и имеет мощность 400 КВт. Имеется проект ПЭС в Кунгурском заливе Японского моря мощностью 6,2 млн. КВт (что эквивалентно примерно трем атомным электростанциям, которые работают в РФ). Планируется отгородить плотиной залив площадью 900 кв. км, но при этом не будут залиты прибрежные районы и должна сохраниться природная экосистема. Кунгурская ПЭС по замыслу проектировщиков должна решить энергетические проблемы Хабаровского края.

Энергосбережение

Энергосбережение – уменьшение удельных затрат энергии – один из важнейших элементов стратегии создания общества устойчивого развития. Значительно повысить КПД использования энергоносителей можно при децентрализации производства электроэнергии и переходе от сверхмощных ТЭС, у которых невелик КПД получения энергии из-за больших тепловых отходов, вызывающих опасное тепловое загрязнение окружающей среды, к *когенерированию*, т.е. небольшим блок-ТЭЦ с мощностью от 100 КВт до 10 МВт с использованием тепловых отходов для отопления ближайших кварталов домов. Блок-ТЭЦ вызывают незначительное загрязнение атмосферы.

Важный резерв в энергосбережении – использование новых технологических схем и решений, позволяющих производить продукцию с меньшими затратами энергии.

Энергосбережение возможно за счет оптимизации территориальной структуры производства и уменьшения длины перевозок (замена гигантов пивоваренной промышленности минипивоварнями, аналогично хлебозаводов – минипекарнями, переработка металлолома без транспортировки на металлургические комбинаты и т.д.).

Большие резервы энергосбережения имеются на транспорте. Использование более совершенных двигателей

внутреннего сгорания и специальных присадок-катализаторов позволяет автомобилю затрачивать на 1 км пути примерно в 2 раза меньше горючего, чем он тратит обычно. Возможно значительное повышение КПД тепловозов, теплоходов, электровозов, самолетов и т.д.

Много энергии можно сэкономить в быту, так как большую часть энергии человек затрачивает на систему жизнеобеспечения (энергия пищи составляет не более 5–7%). Большие возможности таит в себе энергосбережение в аграрной сфере.

Меры содействия развитию нетрадиционной энергетики обсуждались на международной конференции в Киото (1997), где был подписана «Рамочная конвенция по изменению климата». Все странам рекомендовано уменьшить инвестиции в отрасли традиционной энергетики и увеличить – на развитие нетрадиционной энергетики. Также было предложено увеличить налоги на использование ископаемых углеродистых энергоносителей и на выбросы в атмосферу диоксида углерода: сумма этих налогов должна соответствовать степени негативного влияния выбросов диоксида углерода в окружающую среду. Такие экологические налоги уже введены в Дании, Финляндии, Нидерландах, Норвегии, Швеции.

В большинстве развитых стран введены льготы для производителей энергии из нетрадиционных источников (снижены налоги, выделяются льготные кредиты на приобретение электрических элементов и ВЭУ и т.д.).

Справочный материал

В металлургии переход от мартеновской плавки стали к конверторному способу позволяет затрачивать на производство 1 т готового продукта в 2 раза меньше энергии. В 10 раз экономится энергия, если сталь выплавляется не из чугуна (а тот – из руды), а из металлолома. В 3 раза меньше затрачивается энергии на производство стекла из битой посуды по сравнению с процессом варки его из первичного сырья.

Флюоресцентная лампочка мощностью в 18 Вт дает столько же света, сколько лампочка накаливания в 75 Вт. Замена ими ламп накаливания позволит сократить потребление электроэнергии на освещение примерно в 4 раза. Кроме того, новые лампочки в 7 раз долговечнее, чем старые, что позволит экономить и ресурсы.

Теплоизоляция стен даже в самых холодных районах позволит резко сократить расходы энергии на обогрев жилья. Вместо печей будет достаточно одного небольшого

электронагревателя. Имеется принципиальная возможность сократить примерно в 2 раза расход электроэнергии при использовании холодильников, телевизоров и т.д.

Контрольные вопросы

1. Какую роль будет играть традиционная энергетика в обществе устойчивого развития?
2. Какие отрасли нетрадиционной энергетике вы знаете?
3. Расскажите о вариантах гелиоэнергетики.
4. Какие резервы энергосбережения имеются в промышленности?
5. Какие резервы энергосбережения имеются в сельском хозяйстве?
6. Какие резервы энергосбережения имеются в коммунальном хозяйстве?
7. Что вы можете сделать для энергосбережения в своем домашнем хозяйстве?

(ДОП.) § 91. ПЕРСПЕКТИВЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В обществе устойчивого развития большую роль будет играть *атомная (ядерная) энергетика* – получение электрической энергии с использованием ядерных реакторов, на которых улавливается тепловая энергия радиоактивного распада ядерного «топлива» – обогащенного урана и некоторых других радиоактивных материалов.

Главные аргументы в пользу развития ядерной энергетике – это сравнительная дешевизна энергии, небольшое количество отходов (в пересчете на единицу производимой энергии оно в тысячи раз меньше, чем на угольных ТЭС; 1 стакан урана-235 дает столько же энергии, сколько 10 тысяч тонн угля) и отсутствие выбросов в атмосферу диоксида углерода, которое сопровождает производство электроэнергии при сжигании углеродистых энергоносителей.

Аргументами против развития ядерной энергетике является сложность обеспечения полной безопасности ядерного топливного цикла, а также риск аварий на АЭС. Тем не менее потребность в энергии, которая продолжает возрастать, подталкивает большинство стран мира к развитию атомной энергетике, причем строительство АЭС начинается в развивающихся странах Южной Америки, Азии и Африки. Возобновляется приостановленное строительство АЭС даже в

странах, пострадавших от Чернобыльской катастрофы – Украине, Белоруссии, России. Возобновляется работа АЭС в Армении.

Повышается технологический уровень ядерной энергетики и ее экологическая безопасность. Уже разработаны проекты внедрения новых, более экономичных реакторов, способных расходовать на получение единицы электроэнергии в 4-10 раз меньше урана, чем современные. Технически разрешимы вопросы переработки и безопасного захоронения радиоактивных отходов. Вероятность аварий на АЭС развитых стран крайне низка. Так, в Великобритании она составляет не более, чем 1:1 000 000. В Японии строятся новые АЭС (в том числе и самая крупная в мире «Фукусима») в сейсмически опасных районах на берегу океана.

В России большое внимание уделяется возможности использования небольших АЭС, которые создаются на основе ядерных установок подводных лодок при конверсии. Эти небольшие АЭС используются в двух вариантах – подземном и плавучем. Последний вариант особенно перспективен для обеспечения теплом районов Дальнего Востока и Крайнего Севера, где постоянно ощущается острый дефицит энергии.

В пользу развития ядерной энергетики в последние годы высказывается и Римский клуб.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте достоинства атомной энергетики.
2. Чем опасна атомная энергетика?
3. Каковы перспективы развития атомной энергетики в РФ?

Справочный материал

Первое "ядерное электричество" было получено в США в 1952 г., с этого времени производство электроэнергии на атомных электростанциях (АЭС) неуклонно увеличивается, хотя после тяжелых аварий на АЭС в мире наблюдается осторожное отношение к этому варианту энергетики. В настоящее время в 88 странах мира работает 437 ядерных энергоблоков и строится еще около 50.

По примерным расчетам закрытие уже существующих АЭС потребовало бы дополнительно сжигать ежегодно 630 млн. т угля, что привело бы к поступлению в атмосферу 2 млрд. т диоксида углерода и 4 млн. т токсичной и радиоактивной золы. Замена АЭС на ТЭС привела бы к 50-кратному увеличению смертности от атмосферного загрязнения. Для извлечения этого дополнительного диоксида углерода из атмосферы потребовалось

бы посадить леса на площади, которая в 4-8 раз превышает территорию ФРГ.

Наиболее экологичным вариантом использования атомной энергии является закрытый топливный цикл, при котором количество отходов меньше, из-за того, что значительная часть их после переработки дожигается. Этот вариант применяется в странах Европы и внедряется в России. При открытом топливном цикле (например, на АЭС США) все ядерное топливо используется однократно, и отходы захораниваются.

Однако вопросы внедрения закрытого цикла и обеспечения безопасности отходов высокой радиоактивности решаются крайне медленно. В России на сегодняшний день хранится более 10 тысяч тонн отработанного ядерного топлива (в мире 220 тыс. т) и 300 тыс. м³ радиоактивных отходов. К 2000 г. в мире накоплено около 1 млн. м³ высокоактивных радиоактивных отходов.

В России мощности по переработке радиоактивных отходов (РАО) имеются на предприятиях Красноярска и Челябинска, но они недостаточны, для того чтобы полностью перерабатывать все отходы АЭС, ядерных установок подводных лодок и ледоколов. Накопление РАО на военных базах близ Мурманска и Владивостока создает серьезную экологическую угрозу окружающей среде и здоровью человека.

В стоимость электроэнергетики, которая производится на АЭС, затраты на обслуживание отходов не включаются, что создает ложное впечатление о дешевизне электроэнергии АЭС.

Одним из продуктов переработки отходов АЭС является плутоний, период полураспада которого составляет 24 110 лет. Плутоний использовался для производства атомного оружия, в настоящее время ввиду сокращения ядерных вооружений он накапливается. Всего на сегодняшний день в мире накоплено не менее 200 т (в России – 30 т) «мирного» (накопленного в результате переработки РАО и хранящегося на территории АЭС) и военного (полученного в результате демонтажа ядерных боеголовок) плутония. Пока он находится в специальных хранилищах, однако интенсивно разрабатываются методы его «сжигания» на АЭС (по этой причине Япония не боится скупать этот опасный радиоактивный элемент).

В качестве перспективного источника ядерной энергии рассматривается торий, запасы которого практически неисчерпаемы.

§ 92. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Добыча всех видов исчерпаемых ресурсов непрерывно возрастает. Подсчитано, что при сохранении современных темпов добычи полезных ископаемых большинство рудных ресурсов будет исчерпано за ближайшие 50–100 лет. По этой причине обеспечение ресурсами, которые не истощаются, – другая важнейшая проблема построения общества устойчивого развития. В основу ее решения будет положен принцип *ресурсосбережения*, то есть уменьшение расхода сырьевых ресурсов, используемых в промышленности, при сохранении или увеличении количества конечной продукции. Основными направлениями ресурсосбережения являются следующие.

Экономия ресурсов за счет совершенствования технологии. В настоящее время огромное количество, например, металла теряется потому, что уходит в стружку. Многие машины (экскаваторы, станки, тракторы) весят слишком много. Совершенствование технологии переработки металлов и уменьшение веса готовых изделий позволит намного сократить расход рудного сырья. Возможна экономия нефти при увеличении глубины нефтепереработки и повышении выхода светлых продуктов, в первую очередь – бензина. Если перевести все заводы на современные технологии нефтепереработки, то из двух тонн нефти можно будет получать бензин в том же количестве, в котором его сегодня получают из трех. Экономия воды возможна при внедрении оборотных систем водоснабжения.

Комплексное использование природных ресурсов. Одни и те же ресурсы могут использоваться несколькими отраслями хозяйства. Так, сократить расход щебенки для производства строительных материалов можно при ее замене на шлак и золу от тепловых электростанций (разумеется, при контроле за их возможной радиоактивностью). Попутный газ, теряемый при добыче нефти, может быть сырьем для химической промышленности. Из медных руд можно получать еще не менее 20 полезных элементов (серу, цинк, золото, серебро, молибден и т.д.).

Использование вторичных ресурсов, т.е. повторное использование отходов в качестве сырья или источника энергии с целью ресурсосбережения и энергосбережения. В обществе устойчивого развития основным видом сырья должно стать не первичное, а вторичное. Это обеспечит круговорот дефицитных сырьевых ресурсов (*рециклинг*), подобный тому, который происходит в естественных экосистемах. Возможны различные варианты реутилизации, начиная от многократного использования молочных бутылок и наваривания новых протекторов на автопокрышки и до, сложной переработки вторичных ресурсов –

лома черных и цветных металлов, битого стекла, макулатуры и т.д. Использование вторичного сырья будет стимулироваться экономическими механизмами природопользования – увеличением стоимости первичных ресурсов.

Замена более дефицитных ресурсов на менее дефицитные. Этот вариант ресурсосбережения таит в себе большие возможности сохранения исчерпаемых ресурсов. К примеру, стекловолокном, которое производится из недефицитного сырья, заменяют дефицитную медь, пластиками – железо и алюминий.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность ресурсосберегающих технологий в промышленности?
2. Что означает «комплексное использование ресурсов»?
3. Какова роль вторичного сырья в современном производстве и как прогнозируется его роль в будущем?

Справочный материал

На большинстве наших заводах из нефти получается только 60% светлых нефтепродуктов (лишь отдельные установки дают до 80%), в ФРГ – 90%. Если перевести все заводы на современные технологии нефтепереработки, то из двух тонн нефти можно будет получать бензин в том же количестве, в котором его сегодня получают из трех.

В будущем планируется реутилизировать до 80% металла, 60–70% бумаги и пластика.

Для переплавки металлолома в сталь требуется в 10 раз меньше энергии, чем для выплавки стали из руды и чугуна. Повторное использование стекла позволяет экономить энергию в 3 раза.

Можно реутилизировать 99,8% материалов, из которых сделан автомобиль.

20 кг макулатуры сохраняют одно крупное дерево, а 1 т макулатуры сберегает 0,5 га леса среднего возраста. Самый высокий процент переработки макулатуры – в Японии (50%), второе место занимает Швеция (40%), в Латинской Америке из вторичного сырья производится 32% бумаги, в США – 29%. В конце 80-х годов самый низкий показатель по переработке макулатуры был в Африке (17%) и в СССР (19%). В настоящее время для России этот показатель еще ниже.

На предприятиях цветной металлургии при извлечении 11 основных цветных металлов получают из того же сырья еще 60 элементов. Около 10% от общего производства меди, свинца, цинка и около 20% серной кислоты обеспечивается за счет путем попутного извлечения.

Спутник связи весом в 250 г позволяет сэкономить материалы для производства 150 тыс. т трансокеанского кабеля.

В крупных городах Японии, Китая и Южной Кореи все органические отходы превращаются в удобрения, что позволяет выращивать в пригородной зоне овощи, в количестве, достаточном для обеспечения горожан. В Калькутте на пищевых отходах города ежедневно выращивается 20 т рыбы.

В XXI веке планируется широкое использование минерального сырья, добываемого со дна океана. В США, Японии и ФРГ существуют специальные программы, которые финансируются правительствами. Ученые исследуют возможности добычи со дна океана полиметаллических конкреций, содержащих железо, марганец, кобальт и другие металлы, а также фосфоритов. Для России практический интерес представляют фосфаты на дне Японского моря, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к фосфорным минеральным удобрениям. Однако кладовые на дне океана расположены на глубине 3000 м и более. По этой причине их использование потребует очень высоких затрат энергии и новых технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение общества устойчивого развития – это реальный шанс для человечества сохраниться на планете. В этом обществе за счет экологизации образа жизни будут обеспечены нормальные условия ныне живущим и последующим поколениям. Для построения общества устойчивого развития человечеству необходимо решить ряд проблем:

добиться регулирования численности народонаселения, которая не должна превышать поддерживающую емкость планеты (10-12 млрд. человек). Это можно сделать за счет повышения уровня жизни и образования населения;

обеспечить продовольственную безопасность: производить достаточное количество продуктов питания для населения при сохранении сельскохозяйственных ресурсов. Этого можно достичь путем экологизации сельского хозяйства;

решить проблему обеспечения энергией за счет оптимального сочетания традиционных (в первую очередь угля и

атомной энергии) и нетрадиционных (солнца, ветра и др.) источников энергии и энергосбережения;

избежать истощения ресурсов за счет широко использования вторичного сырья;

снизить уровень загрязнения окружающей среды за счет совершенствования технологии производства;

сохранить биоразнообразие.

Глава 18. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ПРАВОВЫЕ И ЭТИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Основными приемами воздействия на общество при построении общества устойчивого развития являются силовые – экономические и правовые. Эти рычаги должны быть стимулами экологически-мотивированного поведения. Разрушение природы должно быть наказуемым, а любые меры по улучшению экологической ситуации – поощряемыми. По этой причине в рамках социальной экологии активно развиваются экономическая экология и экологическое право. Тем не менее, большую роль в охране природы играют и «мягкие» стимулы – повышение уровня экологического самосознания населения, что достигается в процессе экологически ориентированного образования и воспитания.

§ 93. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Экономическая экология (или экологическая экономика) – раздел социальной экологии, разрабатывающий методы регулирования взаимоотношений человека и природы на основе экономических механизмов, которые способствуют уменьшению загрязнения среды, ресурсосбережению, энергосбережению, охране биологического разнообразия и преодолению потребительского подхода. В результате внедрения принципов экономической экологии антиэкологичное природопользование становится экономически невыгодным. В составе экономической экологии несколько основных разделов.

Оценка стоимости ресурсов. Является основой платного природопользования. Стоимость исчерпаемых источников энергии, сырья для промышленности и биологических ресурсов определяется затратами на их добывание, транспортировку, переработку в конечный продукт и ценой этого продукта. Все, что проще добыть и ближе расположено к месту потребления, стоит дешевле. На рыночную стоимость ресурса, кроме того, влияет его

исчерпаемость: чем ресурса меньше, тем он дороже. Например, цены на сырье для производства фосфорных удобрений непрерывно растут вследствие дефицита этого ресурса. Как ресурс рассматривается и самоочистительная способность, а также и рекреационная емкость экосистем. При этом для определения стоимости ресурса оцениваются затраты на восстановление экосистем. Плата за загрязнение окружающей среды (принцип "загрязняющий платит") включает:

оплату предприятием выделенной квоты на загрязнение;
штрафные платежи за загрязнение сверх установленных квот (как правило, штрафы во много раз выше, чем оплата в пределах квоты).

Определение стоимости экологического ущерба, понимаемого как вся совокупность изменений окружающей среды при использовании ресурсов, включая затраты на ее восстановление. Так, при оценке ущерба, нанесенного окружающей среде загрязнением, учитываются затраты на восстановление окружающей среды, на изменение технологий с целью снижения загрязнения, на профилактику и лечение населения. Могут учитываться также затраты на расход воды для разбавления сбрасываемого потока до безопасной концентрации загрязняющего вещества. Все это подталкивает предприятия к разработке технологий, наносящих минимальный вред окружающей среде.

Разработка системы экологически ориентированных государственных инвестиций. Государства инвестируют выполнение различных экологических программ. Например, правительство ФРГ взяло на себя 50% расходов на модернизацию оборудования предприятий, расположенных в бассейне реки Рейн. Правительство Японии широко использует инвестиции в предприятия вторичной переработки сырья в тех случаях, когда производство на этой основе оказывается менее выгодным, чем использование первичного сырья (предприятия по выпуску батареек получают дотации за сложность переработки старых батареек). В США государство выкупило у фермеров на 20 лет каждый пятый гектар пашни и засадило эти земли лесом, прекратив тем самым эрозию почвы.

Значительную роль во внедрении экономических механизмов рационального природопользования в нашей стране должен сыграть "Закон об охране окружающей среды в РФ", принятый в 1992 г.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные разделы экономической экологии.

2. Какие экологически ориентированные инвестиции вы считаете целесообразными для вашего района?

Справочный материал

В табл. 7 приведены примеры оценки экологического ущерба при уничтожении некоторых представителей биоты. Из таблицы видно, что такса зависит от численности популяций уничтожаемых видов и возможности их восстановления.

Таблица 7

Примеры такс для исчисления размера взыскания за экологический ущерб

Виды промысловых животных	Размер взыскания ущерба в кратности от минимальной месячной оплаты труда
Рыбы	
Белуга, калуга	35
Севрюга, гибриды осетровых рыб	12
Лосось, семга, кета, нельма, таймень	10
Сом, кефаль	3
Лещ, щука, карп	0,5
Тугун, ряпушка, карась, плотва, голавль, подуст	0,2
Палтус, камбала-калкан, зубатка, акула	0,7
Морские млекопитающие	
Киты: гренландский, синий, серый, горбатый, японский	2500
Моржи: атлантический, лаптевский	400
Морской котик	150
Водные беспозвоночные	
Крабы: камчатский, синий, равношипый, полярный	1,26

В разных странах природоохранные затраты имеют разную структуру. Так, на охрану водных ресурсов, атмосферного воздуха, рекультивацию земель и обеззараживание отходов в Японии

затрачивается соответственно 23, 50, 7 и 26%, в США – 41, 39, 7 и 20%, а в РФ – 66, 14, 13 и 4%. Столь высокая доля затрат на охрану водных ресурсов в РФ связана с несовершенством технологий на большинстве предприятий, что заставляет идти на расходы по созданию очистных сооружений. Значительная доля расходов на рекультивацию земель связана с широким распространением в РФ открытого способа добычи полезных ископаемых.

В развитых странах в настоящее время доля экологических инвестиций составляет 1,5–2,0% от валового национального продукта, планируется довести долю затрат “на экологию” до 10%. В РФ в разных регионах на экологические цели затрачивается от 0,5 до 3% бюджета. Однако эффективность этих инвестиций низка.

§ 94. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРАВО

Экологическое право – формируемая государством законодательная база регулирования взаимоотношений человека и природы. В основе развития экологического права в России лежит закон “Об охране окружающей природной среды” (1992 г.). Экологи-юристы защищают природу от потребительского отношения к ней отдельных личностей (физических лиц) и предприятий (юридических лиц).

Все экологические правонарушения, при которых наносится ущерб природе, подразделяются на экологические проступки и преступления. Проступки наносят природе меньший ущерб, чем преступления (вылов без разрешения 1-2 осетров – проступок, вылов 10-20 осетров – преступление). Соответственно, в составе экологического права различают административное законодательство, при котором экологический правонарушитель наказывается штрафами в административном порядке, и уголовное законодательство, когда наказание виновного проводится по результатам судебного разбирательства.

Уголовное законодательство позволяет наказывать нарушителей более суровыми мерами, вплоть до лишения свободы. Количество статей экологической направленности в последнем варианте Уголовного кодекса РФ составляет 16, а их правовое пространство включает охрану леса, фауны (специальная статья посвящена охране редких видов), недр, охрану от загрязнения водоемов и атмосферы, охрану континентального шельфа, особо охраняемые природные территории, производство и транспортировку биологических агентов (например, микробиологических культур, культур тканей др.) и токсинов (ядовитых веществ).

В целом нормы экологического права в России пока несовершенны, и действующая законодательная система требует значительной доработки.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются административное и уголовное экологическое право?
2. Какие компоненты окружающей среды охраняются уголовным экологическим правом в России?

§ 95. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Для эффективного использования «силовых» механизмов воздействия на природопользователей необходимо постоянно получать информацию о состоянии окружающей среды. Эта информация получается в ходе экологического мониторинга.

Экологический мониторинг (от латинского слова *монитор* – тот, кто напоминает, предупреждает) – это система слежения за процессами, происходящими в экосистемах, популяциях и организмах (включая и человека) под влиянием изменения среды обитания.

В настоящее время основными объектами экологического мониторинга являются атмосфера, вода, почва, состояние популяций животных и растений, здоровье человека.

Различаются *фоновый* и *локальный* мониторинг. В первом случае объектом наблюдения служит биосфера в целом и ее крупные подразделения – биомы. Во втором – антропогенные изменения конкретных объектов (ландшафтов).

Экологический мониторинг проводится как наземными средствами с использованием системы постоянных датчиков (приборов), расположенных в местах, где возможно загрязнение среды, так и маршрутными методами, когда в разных точках периодически отбираются для химических анализов пробы воды, воздуха или почвы.

Особый вид экологического мониторинга – *биомониторинг*. В этом случае оценивается состояние видов растений и животных и целых экосистем, причем по состоянию этих «живых приборов» судят о влиянии на природу деятельности человека. Для этого периодически проводят обследование территории конкретных районов и выявляют виды, нуждающиеся в охране, которые включают в «Красные книги». Биомониторинг проводится во всех заповедниках, в которых составляются специальные отчеты «Летопись природы».

Широкое развитие имеет аэрокосмический мониторинг, когда состояние экосистем (особенно часто – пахотных почв, лесов, пастбищ) оценивается по снимкам, сделанным с самолетов или космических аппаратов.

На основе данных экологического мониторинга разрабатываются прогнозы дальнейшего изменения наблюдаемых признаков и принимаются решения для улучшения экологической ситуации. Экологический мониторинг чаще всего ведут областные и республиканские Комитеты по гидрометеослужбе.

Контрольные вопросы

1. Что такое экологический мониторинг?
2. Чем отличается наземный мониторинг от аэрокосмического?
3. Каковы задачи биологического мониторинга?

Справочный материал

Глобальная система мониторинга окружающей среды ЮНЕП в настоящее время включает 344 станции по мониторингу воды в 59 странах. Космический мониторинг дешевле съемок с самолета.

Мониторинг атмосферы Москвы включает постоянный анализ содержания оксида углерода, углеводородов, сернистого ангидрида, суммы оксидов азота, озона и пыли. Наблюдения проводят три десятка станций, работающих в автоматическом режиме. Информация от датчиков, расположенных на станциях, стекается в центр обработки информации, информация о превышении ПДК загрязняющих веществ поступает в инспекцию по охране природы Москвы и в правительство столицы. Автоматически контролируются и промышленные выбросы крупных предприятий, и уровень загрязнения воды реки Москвы.

Важным объектом биомониторинга ученые США считают сокола, который стоит на вершущке энергетической пирамиды и, поедая рыбу и мелких млекопитающих, оказывается в положении концентратора опасных загрязнителей. На побережье Калифорнии в начале 70-х годов численность соколов стала резко снижаться из-за загрязнения среды пестицидом ДДТ и диоксинами. В последнее десятилетие благодаря строгому экологическому законодательству США ситуация в некоторых районах страны улучшилась, и численность соколов возросла. В ряде городов они выют гнезда на крышах небоскребов, которые заменили им привычные прибрежные скалы. В России сокол сегодня большая редкость.

§ 96. ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАВСТВЕННОСТИ

Силовые (экономические, правовые) рычаги в обществе устойчивого развития должны дополняться более «мягкими» нравственными, этическими стимулами экологически правильного поведения.

Нравственность заключается в осознании необходимости согласовывать свои действия (или действия группы личностей) с интересами общества. Применительно к задачам рационального природопользования нравственным может быть признано только то, что при использовании природы как общечеловеческого достояния ее не разрушает.

Любое действие, которое способно нанести вред природе опосредствованно наносит вред всем другим природопользователям. Поэтому безнравственны отстрел лосей или лов рыбы сверх норматива, промысел видов растений или животных, занесенных в «Красную книгу», загрязнение окружающей среды с превышением допустимой квоты и т.д.).

Сегодня, когда человечество стоит на грани глобального экологического кризиса, приоритетной становится «глобальная нравственность»: использование ресурсов одной страной не должно наносить ущерба состоянию природы в других странах. Так, безнравственна практика богатых стран по захоронению отходов и размещению «грязных» производств на территории бедных стран.

В воспитании нравственного отношения к природе большую роль играет семья, школа, трудовой коллектив. Успех этого воспитания во многом зависит от *экологического образования*, особенно дошкольного и школьного.

Экологическое образование – это система обучения экологии, направленная на усвоение теории и практики рационального природопользования и охраны природы, формирование экологического мышления и мировоззрения, базирующихся на принципе индивидуальной экологической ответственности.

Экологическое образование должно быть непрерывным – начинаться в дошкольных учреждениях и в младших классах школы и продолжаться в старших классах школы, в вузах и на специальных курсах переподготовки специалистов.

Большую роль в экологическом образовании играет не только изучение специального предмета “Экология”, но и интегрирование экологических знаний с другими предметами,

которые преподаются в школе (биологией, географией, физикой, химией, историей, литературой и др.).

Контрольные вопросы

1. Что понимается под экологической нравственностью?
2. Какую роль в формировании экологической нравственности играет экологическое образование?
3. Что такое непрерывное экологическое образование?

§ 97. ПРЕОДОЛЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОДХОДА

Потребительский подход – одно из проявлений экологической безнравственности. Он заключается в тенденции наращивания потребления материальных благ населением и ведет к большим расходам энергии, ресурсов, загрязнению окружающей среды. Преодоление потребительского подхода является одним из важных компонентов формирования общества устойчивого развития.

В преодолении потребительского подхода велика роль образования и культуры, общественных движений, а также религии, так как в большинстве конфессий пропагандируется скромный образ жизни и осуждается роскошь. Однако в настоящее время главным фактором, который способен остановить потребительский подход, является экономический. Рост цен на энергию и ресурсы неизбежно повышает стоимость престижных товаров и сокращает контингент их возможных покупателей. Важную роль играют и «зеленые налоги» (например, сверхвысокий налог на машинное масло в США).

Экологически оправданно изменение рациона питания человека с уменьшением доли продуктов животноводства, которые энергетически много дороже продуктов растениеводства. Растения могут обеспечить человека всеми компонентами питания, включая и белок (за счет бобовых, например, сои).

В России среди наиболее состоятельной части населения также наметилась тенденция усиления потребительского подхода – резко возросло количество дорогих легковых автомобилей.

Контрольные вопросы

1. Что такое потребительский подход?
2. Опасен ли потребительский подход для России?

Справочный материал

Примером потребительского подхода является образ жизни населения США, где при практически стабильной численности за период с 1950 по 1990 гг. количество автомобилей увеличилось в 3 раза, мопедов и мотоциклов – в 2,5 раза, количество используемых пластмасс – в 2,5 раза, объем авиаперевозок – в 25 раз и т.д. За последние 10 лет 2/3 американских семей приобрели видеомэгагнитофоны и микроволновые печи, а количество наиболее престижных (и энерго- и ресурсоемких) автомобилей «Ягуар» только за период 1978–1987 гг. увеличилось в 8 раз.

В США для удлинения срока службы вещей используется система «распродаж». Распродаются по дешевым ценам вещи, уже бывшие в употреблении, но еще пригодные для дальнейшего использования (разумеется те, дальнейшее использование которых экологически безопасно; к ним, например, не относятся загрязняющие атмосферу старые автомобили).

(ДОП.) § 98. ЭКОЛОГИЯ И РЕЛИГИЯ

Определенный вклад в формирование этического отношения к природе может внести религия, хотя этот вклад не следует переоценивать, особенно когда речь идет о религиях «иудаистского куста», возникших на ближнем Востоке (иудаизм, христианство, ислам). В основе всех религиозных догматов этих конфессий лежит сценарий в котором обосновывается исключительная роль человека как образа Божия.

Разумеется со временем религиозные деятели все яснее осознают опасность такого подхода и пишут о том, что и в «Библии» сказано о недопустимости получения сверхприбыли от природы. (Бог рекомендует заботиться только о хлебе насущном на один день!). Еще более активно о природоохранном значении религии говорят исламисты.

Тем не менее, антиэкологичность религии (причем одинаково всех конфессий!) проявляется в отвержении любых форм регулирования числа детей в семье. Эта религиозная инерция является одним из главных тормозов в решении демографической проблемы.

Последовательно экологичны все религии в воспитании скромного образа жизни и ориентации верующих не на материальные, а на духовные ценности.

Контрольный вопрос

Как вы оцениваете роль религии в построении общества устойчивого развития?

Справочный материал

В «Библии» говорится: «И сказал Бог: сотворим человека по образу Нашему, по подобию Нашему; и да владычествуют они над рыбами морскими, и над птицами небесными, и над скотом, и над всею землею, и над всеми гадами, пресмыкающимися на земле». Бытие. 1:26.

«И благословил их Бог, и сказал им Бог: плодитесь и размножайтесь, и наполняйте землю, и обладайте ею, и владычествуйте над рыбами морскими, и над птицами небесными, и над всякими животными, пресмыкающимся по земле». Бытие. 1:28.

Вице-президент США Эл Гор в книге «Земля на чаше весов. Экология и человеческий дух» так характеризует отношение ислама к проблеме охраны природы: «Пророк Мухаммед сказал: «Мир зелен и прекрасен, и Бог назначил вам призирать за ним. Основопологающие концепции ислама, преподаваемые Кораном, – «таухид» (единство), «халифа» (опека, попечительство) и «ахра» (ответственность) – это также столпы экологической этики ислама. Земля суть священное творение Аллаха, и среди множества поучений Мухаммеда по этому поводу есть такое: «Тот, кто посадил дерево и прилежно за ним ухаживает до тех пор, пока оно не вырастет и не начнет приносить плоды, будет вознагражден». Первый мусульманский калиф Абу-Бакир следовал Корану и «хадис» (устной традиции Пророка), когда приказывал своим войскам: «Не рубите деревья, не грязните реку, не вредите животным и всегда оставайтесь милосердными и человечными к творению Бога, даже к своим врагам».

Вот некоторые высказывания об отношении к богатству и бедности в разных религиозных учениях.

Ислам: «Бедность – моя гордость.» (Магомет).

Христианство: «Легче верблюду пройти сквозь игольное ушко, нежели богатому войти в Царство Божие.» («Евангелие по Матфею»).

Иудаизм: «Избавь меня от бедности и от богатства.» («Книга притчей Соломоновых»).

Конфуцианство: «Излишество и недостаток равно несовершенны.» (Конфуций).

Даосизм: «Богат тот, кто знает, что имеет достаточно.» («Дао де Цзин»).

§ 99. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

Биосфера – общий дом всего человечества. И сохранить этот дом можно только усилиями всего международного сообщества. По этой причине *международное сотрудничество в области охраны природы* – важное условие создания общества устойчивого развития. Существует множество проблем глобального характера – повышение концентрации диоксида углерода в атмосфере и изменение климата под влиянием парникового эффекта, разрушение озонового слоя, загрязнение Мирового океана, экспорт загрязнения из богатых стран в бедные и др. Международное сотрудничество осуществляется по межправительственным соглашениям или по неправительственным программам, которые организуются общественными движениями и учеными.

Важнейшим документом является “Всемирная стратегия охраны природы”, принятая 5 марта 1980 г. Он подготовлен и курируется Международным союзом охраны живой природы и природных ресурсов (МСОП), Всемирным фондом дикой природы, Продовольственной, сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО) и другими международными неправительственными организациями, работающими под эгидой ЮНЕСКО.

В 1982 г. ООН была принята «Всемирная хартия природы» – международный природоохранный документ, возлагающий ответственность за состояние биосферы на все государства, входящие в состав ООН. К сожалению, эта хартия оказалась малоэффективной.

В июне 1992 г. состоялась Международная конференция в Рио-де-Жанейро. В этом грандиозном форуме участвовали главы, члены правительств и эксперты 179 государств (до 40 тысяч человек; делегация из России состояла из 160 человек; ход работы форума освещало 2000 журналистов). На конференции было сформулировано положение о необходимости перехода мирового сообщества на путь устойчивого развития и планировалось подписать «Хартию Земли» – основной документ о стратегии и тактике развития человечества на пути к обществу устойчивого развития (включая и обязательства богатых стран оказать помощь в улучшении экологической ситуации бедным странам). Однако текст хартии не был принят, так как богатые страны воздержались от обязательств оказания конкретной помощи бедным странам (в основном по причине нестабильности их демографической

ситуации). Хартия была заменена «протоколом о намерениях» – «Декларацией по окружающей среде и развитию».

РФ является активным участником многих международных экологических организаций (как правительственных, так и неправительственных) и выполняет ряд важных проектов по двусторонним соглашениям (с США, ФРГ, Японией, Финляндией и др.).

Значение международного сотрудничества в будущем будет усиливаться, ибо, по образному выражению американского эколога Б. Небела, попытка создать "экологическое счастье" в одной стране и отгородиться от экологических бед других стран напоминает поведение пассажиров океанского теплохода, которые продолжают веселиться на корме, в то время, как его нос уже ушел под воду.

Контрольные вопросы

1. Что такое ЮНЕСКО и какую роль эта организация играет в деле охраны окружающей среды?
2. Расскажите об экологическом форуме, состоявшемся в Рио-де-Жанейро в 1992 г.
3. Насколько эффективно международное сотрудничество в деле охраны окружающей среды?

Справочный материал

Правительственные и многие неправительственные программы возглавляет ЮНЕСКО (Организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры, UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), созданная в 1946 г. для координации деятельности правительств и научных учреждений. В 1972 г. в Стокгольме ЮНЕСКО организовала первую крупную международную конференцию по вопросам охраны окружающей среды. В результате этой конференции была создана межправительственная программа ООН по окружающей среде – ЮНЕП (UNEP, United Nations Environment Programme). ЮНЕП посвящена наиболее острым проблемам разрушения биосферы человеком (опустыниванию, деградации почв, исчезновению лесов, резкому ухудшению качества и уменьшению количества пресной воды, загрязнению мирового океана и т.д.).

В 1983 г. была создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР), которую возглавила премьер-министр Норвегии Г.Х. Бунтланд. Комиссия Бунтланд

ввела в обиход понятие «sustainable development» (устойчивое развитие)

После Стокгольмской конференции до наших дней было подписано в общей сложности 170 различных договоров и соглашений по охране окружающей среды, которые должны регламентировать использование природных ресурсов и загрязнение биосферы. Наиболее важная из них – "Вашингтонская конвенция" ("Конвенция о международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения", Вашингтон, 1973). До марта 1986 г. к конвенции присоединилось 91 государство, включая и СССР. Конвенция включает три списка видов по опасности исчезновения, эти списки постоянно пополняются.

МСОП (Международный союз охраны природы и природных ресурсов, International for Conservation of Nature and Natural Resources) – неправительственная организация, созданная в 1948 г. при ЮНЕСКО со штаб-квартирой в Швейцарии. В составе МСОП более 130 государств (в том числе и Россия), а также 24 международных организации. МСОП издает международные Красные книги.

Всемирный фонд дикой природы (World Wildlife Fund, WWF) – международная неправительственная организация, созданная в 1961 г. (штаб-квартиры расположены в Бонне, Цюрихе, Вене, Женеве). Осуществляет фундаментальные исследования, учреждает и охраняет заповедники, предоставляет денежную помощь и занимается просветительской и воспитательной работой в сфере охраны природы. Фонд уже поддержал более 3000 проектов на сумму, превышающую 90 млн. долл.

Прогноз экологических последствий хозяйственной деятельности человека и обоснование роли заповедников – центральные задачи, которые решались Международной биологической программой "Человек и биосфера" (МАНВ – Man and Biosphere). В результате выполнения этой программы была создана репрезентативная сеть биосферных заповедников.

Важную роль играет Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) – межправительственная организация, созданная в 1946 г. (центр – в г. Женева), усилия которой направлены на борьбу с особо опасными болезнями. В сфере компетенции ВОЗ находится и влияние на здоровье человека различных видов загрязнения.

Обязательства, которые были взяты богатыми странами по оказанию помощи бедным в Рио-де-Жанейро (1992 г.), не выполняются. Эти страны обязались вносить ежегодные взносы в фонд помощи развивающимся странам в размере 0,7% ВВП. Тем не

менее, отчисления на помощь не поднялись выше 0,3% и в 1995 г. были ниже, чем в 1973 г. В США уровень помощи снизился с 11,7 до 7,3 млрд. долларов. Только Япония увеличила свои благотворительные субсидии и сегодня тратит на помощь бедным странам в два раза больше, чем США.

Сотрудник института «Worldwatch» К. Флавин считает, что экологическую ситуацию в мире определяют 8 «экологических тяжеловесов», которые объединяют 56% всего населения мира, 59% мирового производства, 58% выбросов углерода, 53% мировой площади лесов. Эти страны: США, Россия, Япония, Германия, Китай, Индия, Индонезия, Бразилия. В этих странах сконцентрировано примерно 70% мирового биологического разнообразия, доля охраняемых территорий (ко всей площади земного шара) составляет около 7%.

§ 100. РОЛЬ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Повышению экологического самосознания населения способствует деятельность неправительственных общественных экологических движений, которые называются «зелеными».

Зеленые – политические партии и общественные движения, ставящие задачей улучшение экологической ситуации на планете. Зеленые есть в большинстве европейских стран, в США, Японии. Наиболее авторитетная международная организация, объединяющая Зеленых разных стран, – "ГРИНПИС" (организована в 1971 г.). Зеленые организуют митинги и пикеты с целью повлиять на решения правительств и муниципальных властей, заставить их проводить последовательную экологическую политику. Платформа Зеленых включает требование ограничить загрязнение окружающей среды, шире использовать вторичные ресурсы и нетрадиционные источники энергии. Зеленые выступают против потребительского подхода, занимаются проблемами экологического образования. Наибольших успехов Зеленые достигли в ФРГ (общее число участников природоохранных общественных организаций в ФРГ превышает 3 млн. человек), получив значительное количество мест в бундестаге и сыграв большую роль в разработке программы улучшения экологической ситуации в стране.

В России Зеленые представлены несколькими организациями ("Экологический фонд России", "Социально-экологический союз России", "Экология и мир", "Российская партия зеленых", "Хранители радуги" и др.). Недавно создан "Общероссийский союз общественных экологических организаций",

который будет координировать работу различных организаций Зеленых.

Зеленые России были организаторами многочисленных акций против строительства атомных электростанций, предприятий по ликвидации химического оружия, создания могильников радиоактивных отходов и др.

В последние годы активность Зеленых в России заметно снизилась. Выдвигаемые ими требования о закрытии или модернизации опасных производств не могли быть реализованы из-за отсутствия средств в период общего экономического спада. Развитию самостоятельного движения Зеленых помешало также то, что экологические требования включались в предвыборные программы различных кандидатов и таким образом «растаскивались» политическими партиями и движениями.

В то же время, российским Зеленым удалось выиграть два крупных дела федерального масштаба, которые рассматривались в судебном порядке: о незаконности использования лесов первой группы в пригородах («легких городов») для строительства коттеджей и других сооружений, наносящих ущерб лесам, и о строительстве высокоскоростной магистрали Москва–Санкт-Петербург. Магистраль должна была нанести значительный ущерб природе – пересечь Валдайский национальный парк и несколько памятников природы.

Контрольные вопросы

1. Каково соотношение роли силовых факторов (экономических механизмов и экологического права) и общественных движений в построении общества устойчивого развития?
2. Какие общественные организации Зеленых созданы в России?
3. Каковы причины низкой эффективности зеленого движения в России?
4. Приведите примеры успешных акций Зеленых в России и в вашем регионе.

§ 101. «КОНЦЕПЦИЯ ПЕРЕХОДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ»

«Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» – важный программный документ, утвержденный Указом Президента РФ 1 апреля 1996 г. Концепция разработана в соответствии с рекомендациями и принципами,

изложенными в документах Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992). Она состоит из семи разделов:

1. Устойчивое развитие – объективное требование времени.
2. Россия на пороге XXI века.
3. Задачи, направления и условия перехода к устойчивому развитию.
4. Региональный аспект устойчивого развития.
5. Критерии принятия решений и показатели устойчивого развития.
6. Россия и переход к устойчивому развитию мирового сообщества.
7. Этапы перехода к устойчивому развитию.

Концепция имеет целью обеспечить условия экологического комфорта для жизни нынешнего и будущих поколений и подчеркивает важность экологического нормирования антропогенных нагрузок для поддержания нормального функционирования естественных экосистем.

Сложности перехода РФ к устойчивому развитию заключаются в неблагоприятной экономической ситуации, которая поставила страну на грань экологического кризиса. Однако реализацию Концепции облегчает наличие на территории России 8 млн. кв. км. естественных ландшафтов, которые практически не нарушены человеком и потому играют важную стабилизирующую роль в биосфере.

Значительное внимание в Концепции уделяется вопросам международного сотрудничества России для сохранения биологического разнообразия, защиты озонового слоя, предотвращения антропогенного изменения климата, охраны лесов, борьбы с опустыниванием, развития системы особо охраняемых природных территорий, обеспечения безопасного уничтожения ядерного и химического оружия. Подчеркивается важность экологической ориентации инвестиций с целью недопущения размещения на территории РФ «грязных» производств (последнее уже имеет место в ряде регионов страны, например, в Астраханской и Тюменской областях).

Переход к устойчивому развитию планируется трехэтапным. На первом этапе РФ предстоит решить острые социально-экономические проблемы. На втором – осуществить экологически ориентированные структурные преобразования в экономике и социальной сфере. На третьем – реализовать идею гармонизации общества и природы.

Концепция не содержит никаких сроков реализации этих этапов или эколого-экономических параметров устойчивого развития.

Реализация «Концепции» обеспечит защиту и рациональное использование природного ресурсного потенциала недр, вод, почв, атмосферы, биологического разнообразия. Будет положен конец импорту радиоактивных отходов и других загрязняющих веществ и строительству экологически опасных совместных предприятий. Экологизируются все сферы жизни общества – экономика, наука, политика, право, культура, образование, нравственность. У каждого россиянина сформируется ответственное, этическое отношение к природе, которое и называется экологическим самосознанием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При построении общества устойчивого развития важную роль будут играть не только «силовые» (экономические и правовые) рычаги, но и нравственно-этические нормы, побуждающие население к экологически целесообразному поведению, то есть и ответственному отношению к окружающей среде.

В основе экономических рычагов рационального природопользования лежат платность природопользования и экологически ориентированные инвестиции государства в промышленность и сельское хозяйство. При платном природопользовании уменьшение потребления ресурсов (воды, горючего, руды и др.) и выбросов в окружающую среду (ее очистительная способность тоже является товаром) будет выгодным для производителя. Государство облегчает производителям переход на более экологичные технологии.

Юристы-экологи выступают в роли постоянных адвокатов природы, защищающих ее интересы. Закон наказывает и за небольшие проступки, и за крупные экологические преступления. Последовательное использование экономических и правовых рычагов позволило Японии и ФРГ достичь успехов в охране окружающей среды.

Силовые рычаги должны действовать на фоне развитой системы экологического образования и воспитания населения, повышающей уровень экологического самосознания людей. Большую роль будут играть общественные экологические движения. Возрастет роль международного сотрудничества в деле охраны природы, так как биосфера – это общий дом всего человечества, и

навести в нем экологический порядок можно только усилиями всего мирового сообщества.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Вы завершили изучение учебника, мы надеемся, что теперь Вас стало яснее многое из того, что происходит в окружающем Вас мире «само собой» в естественных экосистемах и под влиянием на эти экосистемы человека. Чтобы убедиться в том, что материал учебника Вы усвоили, прочтите тезисы, в которых подытожено содержание книги. Если один из тезисов непонятен, вернитесь к главе, где эти вопросы изложены подробно, и прочтите ее заново.

1. Расцвет экологии наступил в XX столетии, но ее предтечами были ученые конца XVIII столетия. – А. Лавуазье, Ж.Б. Ламарк, Т. Мальтус и А.Т. Болотов. Из биологической науки об отношениях организмов и условий среды к концу XX столетия экология превратилась в широкий междисциплинарный комплекс, большая часть наук которого исследует отношения с окружающей средой всего одного биологического вида – *Homo sapiens*. Экологов «вообще» не бывает. Каждый эколог работает в области одной из наук этого комплекса. (Глава 1).

2. Организмы и окружающая среда составляют единство. Чтобы это единство устойчиво сохранялось, организмы приспосабливаются к разным условиям среды. Поскольку разные организмы по-разному приспосабливаются к одним и тем же условиям среды, в одних и тех же условиях обитают организмы разного внешнего облика – жизненных форм. В разных условиях в зависимости от того, насколько благоприятна и стабильна окружающая среда, обитают организмы разных жизненных стратегий. Все виды индивидуальны по отношению к условиям среды. (Глава 2).

3. Совокупность организмов одного вида в пределах участка, достаточная для того, чтобы они могли воспроизводить себе подобных, называется популяцией. Внутри популяции организмы различаются по возрасту, жизненности и генотипу. Основной показатель размера популяции – плотность, которая является результатом взаимодействия биотического потенциала (способности жить и размножаться) и сопротивления условий среды. Плотность популяции не может увеличиваться бесконечно, существуют специальные механизмы, которые не допускают перенаселение. При колебаниях условий среды меняется и размер популяции. (Глава 3).

4. Совокупности взаимодействующих живых организмов и условий среды составляют экосистемы. В состав экосистемы входят организмы, выполняющие разные функции: продуценты (синтезируют органические вещества из неорганических соединений), консументы (перерабатывают эти органические вещества) и редуценты (разлагают органические вещества до неорганических соединений). Консументы – наиболее разнообразная группа организмов. В их составе – фитофаги, зоофаги, детритофаги, паразиты и симбиотрофы. Важнейшим компонентом наземных экосистем является почва. (Глава 4).

5. В экосистеме организмы связаны сложной системой отношений со средой и друг с другом – конкуренцией, пищевыми и сигнальными отношениями, мутуализмом. При этом в естественных экосистемах нет полезных и вредных видов, и все они участвуют в процессе поддержания экологического равновесия. У видов-участников отношений антагонистического характера (конкуренция, хищничество, фитофагия, паразитизм) имеются приспособления-противовесы, смягчающие эти отношения и снижающие риск выпадения из экосистемы одного из «пострадавших» видов. Конкуренция смягчается за счет самоизреживания и дифференциации экологических ниш; фитофагия и хищничество – за счет приспособлений жертв, уменьшающих шанс быть съеденным; паразитизм – за счет защитных реакций хозяев. (Глава 5).

6. Каждая экосистема – это «биологический завод», на котором производится биомасса. В зависимости от того, является ли «сырьем» для работы таких «заводов» неорганический углерод или углерод органических соединений, они разделяются на автотрофные и гетеротрофные, а по тому, насколько их состав видоизменен человеком, – на естественные и антропогенные. Энергия и вещество в экосистеме передаются от растений к животным. При этом вещества преобразуются и возвращаются микроорганизмами во внешнюю среду (используются многократно), а энергия рассеивается (используется один раз). (Глава 6.)

7. Экосистемы – явления динамические. Наряду с обратимыми изменениями под влиянием суточных, сезонных и многолетних циклов или колебания размера популяций наиболее важных видов, происходят необратимые направленные изменения – экологические сукцессии. Сукцессии могут вызываться как внутренними причинами – жизнедеятельностью организмов, так и внешними факторами, влияющими на экосистему. Основным внешним фактором является человек. При прекращении влияния внешнего фактора, нарушенные экосистемы могут

восстанавливаться. Сукцессии могут быть вызваны также заносом видов из других районов, которые не имеют видов-спутников, контролирующей плотность их популяций. (Глава 7).

8. Экосистемы разнообразны, их состав и функция меняются в зависимости от источника энергии и углерода (автотрофные и гетеротрофные экосистемы) и влияния человека (естественные и антропогенные экосистемы). Среди автотрофных экосистем различаются фототрофные и хемотрофные. Даже среди естественных фототрофных экосистем есть экосистемы со значительными различиями состава и функции (наземные и водные экосистемы). Среди хемотрофных экосистем наибольшей продуктивностью и разнообразием организмов отличаются геотермальные оазисы рифтовых зон. Экосистемы разных природных зон суши и разных зон океана представляют разные биомы. (Глава 8).

9. Самая большая экосистема планеты – биосфера, которая представляет тонкий пленку, окружающей мертвую толщу планеты. Главные части биосферы – литосфера, гидросфера и атмосфера. В биосфере протекают основные круговороты веществ – воды, углерода, кислорода, азота, фосфора. Главным участником этих круговоротов является жизнь. В настоящее время человек нарушил равновесие круговоротов биосферы. (Глава 9.)

10. Естественные экосистемы (леса, степи, болота, озера, моря и т.д.) являются важнейшими источниками биологических ресурсов, которые необходимо рационально (неистощительно) использовать. Рациональное использование опирается на систему экологических нормативов предельно допустимых нагрузок на экосистемы и входящие в их состав популяции ресурсных организмов. При следовании этим нормативам экосистемы не разрушаются использованием и восстанавливаются после воздействия человека. (Глава 10.)

11. Сельскохозяйственные экосистемы – антропогенные, их составом, структурой и функцией управляет человек. Он определяет соотношение потоков энергии в пищевых цепях, регулирует уровень продуктивности агроэкосистем и сохраняет агроресурсы. Человек обеспечивает возврат в почву питательных элементов, которые вынесены с урожаем, и защищает ее от эрозии, контролирует плотность популяций насекомых-вредителей и сорных растений, следит за тем, чтобы скота было не больше, чем производится корма, поддерживает благоприятный микроклимат, создавая лесные полосы, и т.д. (Глава 11.)

12. Города и промышленные экосистемы не могут быть экологически равновесными. В городе можно лишь смягчать условия жизни для человека, насыщая его зелеными растениями, и

защищать естественные и сельскохозяйственные экосистемы, окружающие города и промышленные объекты, уменьшая выбросы в окружающую среду загрязняющих веществ и сокращая потребление этими «монстрами биосферы» энергии и ресурсов. (Главы 12 и 13).

13. Наряду с рациональным использованием естественных экосистем, для защиты биологического разнообразия нужны специальные меры охраны. Возможна охрана на уровне видов и популяций в используемых экосистемах (и даже в искусственных условиях ботанических садов, зоопарков и хранилищ семян или замороженных тканей). Однако такая охрана неэффективна. Наиболее надежно виды охраняются в составе экосистем, которые превращены в особо охраняемые природные территории (ООПТ): заповедники, национальные парки и др. Площадь ООПТ должна составлять около 30% от общей площади экосистем. (Глава 14.)

14. Человек – биосоциальный вид с высоким уровнем организации сообществ, способный не только адаптироваться к окружающей среде, но и адаптировать среду для создания комфортных условий жизни. Рост народонаселения и повышения уровня энерговооруженности человека привели к тому, что последствия этой адаптации стали носить глобальный характер: происходят необратимые изменения в литосфере, меняется климат, нарушаются циклы основных биогенных элементов, разрушается озоновый слой, снижается биоразнообразие. При сохранении этих опасных тенденций возможен экологический кризис. (Глава 15.)

15. Будущее человечества непредсказуемо, и потому экологи придерживаются разных взглядов (сценариев) на перспективы выживания человечества. В мозаике сценариев наиболее главные – алармистский, предсказывающий гибель человечества; сциентистский – «наука спасет мир»; консервационистский – «назад к природе», реалистический – построение общества устойчивого развития при экологизации всех сфер жизни и стабилизации численности народонаселения на уровне 10-12 млрд. человек. (Глава 16.)

16. Для построения общества устойчивого развития человечество должно решить много трудных проблем: научиться регулировать численность народонаселения, обеспечить продовольственную безопасность, создать экологически малоопасную энергетику, преодолеть кризис исчерпаемости ресурсов, снизить уровень загрязнения окружающей среды. В решении этих проблем большую роль будут играть как силовые рычаги – экономика, право, так и соблюдение нравственно-этических норм поведения экологически воспитанными гражданами. Должно усилиться и стать более эффективным международное сотрудничество в деле охраны окружающей среды. (Главы 17 и 18.)

Около 30 лет назад американский эколог (специалист в области промышленной экологии) Барри Коммонер придумал

четыре экологических поговорки, которые стали называться «законами». Это очень мудрые «законы», знать которые полезно каждому. В табл. 8ё приведены формулировки этих «законов» и примеры того, как они действуют при рациональном использовании естественных, городских и сельскохозяйственных экосистем и при разработке общей стратегии встраивания человечества в биосферу.

Таблица 8

Примеры действия «законов» Б. Коммонера в различных экосистемах

Естественные экосистемы	Агроэкосистемы	Городские и промышленные экосистемы	Биосфера
«Закон» первый: все связано со всем			
<p>В естественной экосистеме нет полезных и вредных видов. Все функциональные блоки биоты одинаково значимы. Изменения экотопа вызывают изменения биоты.</p>	<p>Пахотное использование почв разрушает их и вызывает эвтрофикацию водоемов. Безотвальная обработка почвы повышает засоренность посевов. Уменьшение доли леса снижает урожай. Увеличение размеров полей повышает риск массового развития фитофагов.</p>	<p>Увеличение числа автомобилей ведет к прямому загрязнению атмосферы и повышению площади, «запечатанной» поверхности почвы, что также ухудшает качество воздуха и микроклимат.</p>	<p>Сжигание углеродистого топлива из ископаемых источников ведет к потеплению климата и уменьшению сборов зерна. Использование азотных удобрений повышает урожай, но способствует разрушению озонового слоя.</p>
«Закон» второй: ничто не дается даром			
<p>Система охраны природы стоит дорого.</p>	<p>Создание устойчивого сельского хозяйства требует значительных затрат (на селекцию, создание новых</p>	<p>Чтобы уменьшить количество отходов необходимо нести большие расходы на модернизацию производства и создание</p>	<p>Международное сообщество (в первую очередь богатые страны) должно нести расходы на разработку и внедрение</p>

	пестицидов, конструирование и производство сельскохозяйственной техники).	очистных сооружений. Расходов требует производство энергосберегающей бытовой техники и мониторинг состояния здоровья горожан.	научных проектов по сохранению климата и биологического разнообразия.
«Закон» третий: все надо куда-то девать			
«Производство» безотходное, и проблемы «девать» нет.	Производство должно быть безотходным: отходы животноводства используются на полях, отходы растениеводства – на корм.	Отходы, не подлежащие переработке, должны быть надежно захоронены на специально оборудованных полигонах.	Глобальное загрязнение недопустимо. Свои отходы каждая страна должна «девать» на своей территории. Сброс отходов в океан исключается.
«Закон» четвертый: природа знает лучше			
Чтобы экосистемы сохранялись, при их использовании не должны превышать нормы предельно допустимых изъятия биологической продукции и загрязнения.	Структура и функция агроэкосистемы должны быть максимально приближены к естественной экосистеме.	«Закон» не действует.	Нужно сохранять естественные круговороты в биосфере и ее биоразнообразие. Ноосфера – это не сфера разума, а сфера разумности.

СЛОВАРЬ-УКАЗАТЕЛЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ – факторы среды, относящийся к неживой природе (климат, рельеф, солнечная радиация, температура и т.д.). (§ 4)

АВТОТРОФНАЯ ЭКОСИСТЕМА – экосистема, основу биологической продукции которой составляет деятельность автотрофов. (§ 38)

АВТОТРОФЫ – организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических соединений (как правило, из диоксида углерода и воды), продуценты экосистемы. (§ 19)

АГРОЛАНДШАФТ – ландшафт, большая часть которого занята пашней, сенокосами и пастбищами. (§ 55)

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ – способ повышения биологической продукции и устойчивости агроэкосистем с использованием древесных насаждений. (§ 63)

АГРОСФЕРА – часть биосферы, вовлеченная в сельскохозяйственное использование. (§ 55)

АГРОЦЕНОЗ – совокупность растений (культурных и сорных), животных и микроорганизмов (водорослей, грибов, бактерий) на поле (или на экологически однородном участке поля). (§ 55)

АГРОЭКОЛОГИЯ – раздел экологии о рациональном (неистощительном) использовании сельскохозяйственных земель. (§ 55)

АГРОЭКОСИСТЕМА – экологическая система, объединяющая участок территории (географический ландшафт), занятый хозяйством, производящим сельскохозяйственную продукцию. (§ 55)

АДАПТАЦИЯ – приспособление организма к определенным условиям среды за счет комплекса признаков – морфологических, физиологических, поведенческих. (§ 7)

АДАПТИВНАЯ СЕЛЕКЦИЯ – выведение сортов культурных растений и пород сельскохозяйственных животных, приспособленных к конкретным вариантам экологической среды. (§ 64)

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – пространственная организация агроэкосистем, при которой пашня, луга, лесополосы и прочие элементы экосистемы размещены согласно рельефу. (§ 56)

АДАПТИВНЫЙ ПОДХОД (в сельском хозяйстве) – система ведения сельского хозяйства, обеспечивающая

максимальную окупаемость биологической продукцией каждой единицы введенной в агроэкосистему антропогенной энергии. (§ 63)

АККЛИМАТИЗАЦИЯ – приспособление организмов к новым или изменившимся условиям существования, в которых они проходят все стадии развития и дают жизнестойкое потомство. (§ 37)

АККУМУЛЯЦИЯ ВЕЩЕСТВ ОРГАНИЗМАМИ – накопление в организмах минеральных элементов и некоторых соединений, находящихся в окружающей среде в низких концентрациях. (§ 30)

АКТИВНЫЙ ИЛ – слой субстрата (гравия, песка, пластиковых гранул) на дне биологического очистного сооружения – аэротенка, заселенный аэробными микроорганизмами. (§ 74)

АЛАРМИЗМ – представления о неизбежности глобального экологического кризиса и гибели человечества. (§ 85)

АЛЛЕЛОПАТИЯ – влияние высших растений друг на друга путем выделения в окружающую среду биологически активных веществ. (§ 25)

АНТРОПОГЕННАЯ ЭКОСИСТЕМА – см. социоприродная экосистема.

АНТРОПОГЕННАЯ ЭНЕРГИЯ – энергия, получаемая человеком (как правило, из исчерпаемых источников) и затрачиваемая на управление сельскохозяйственной экосистемой. (§ 63)

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ – факторы, обязанные своим происхождением деятельности человека (химическое и физическое загрязнение, выпас, вытаптывание и др.). (§ 4)

АПВЕЛЛИНГ – подъем глубинных холодных вод, насыщенных питательными элементами, к поверхности океана. В зоне апвеллинга наблюдается, как правило, высокая биологическая продукция. (§ 42)

АРЕАЛ – область распространения организмов определенного вида. (§ 37)

АТОМНАЯ (ЯДЕРНАЯ) ЭНЕРГЕТИКА – получение электрической энергии с использованием ядерных реакторов, на которых улавливается тепловая энергия радиоактивного распада ядерного «топлива» (обогащенного урана и некоторых других радиоактивных материалов). (§ 91)

АУТЭКОЛОГИЯ – раздел экологии, изучающий влияние факторов окружающей среды на отдельные организмы, популяции и виды (растений, животных, грибов, бактерий). (§ 6)

АЭРОТЕНК – емкость (открытый бассейн) биологического очистного сооружения, в котором в качестве основных организмов,

очищающих сточные воды, используются аэробные микроорганизмы. (§ 74)

БАКТЕРИОПЛАНКТОН – совокупность бактерий в составе планктона. (§ 40)

БАКТЕРИЦИДЫ – вещества, уничтожающие бактерии. (§ 59)

БАНК СЕМЯН (в почве) – запас покоящихся жизнеспособных семян в почве. (§ 59)

БЕЗОТВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ – рыхление почвы без изменения расположения ее слоев-горизонтов. (§ 57)

БЕНТОС – совокупность организмов, обитающих на дне водоема. (§ 40)

БИОГАЗ – смесь газов, в которой преобладает метан, образующаяся в процессе анаэробного разложения навоза, соломы и других органических отходов. (§ 63)

БИОГЕОЦЕНОЗ – наземная экосистема в границах однородного участка растительности. (§ 18)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АЗОТФИКАЦИЯ – усвоение некоторыми микроорганизмами (бактериями, цианобактериями, актиномицетами) молекулярного азота атмосферы и перевод его в органические соединения. (§ 24)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ – оценка экологических условий (чаще загрязнения среды) с помощью биологических индикаторов. (§ 8)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ – количество органического вещества, образующегося в экосистеме за единицу времени на единице площади. (§ 31)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ – организмы, которые реагируют на изменения окружающей среды своим присутствием или отсутствием, изменением внешнего вида, химического состава, поведения. (§ 8)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ защиты растений (биометоды) – использование организмов и продуктов их жизнедеятельности (или их синтетических аналогов) для контроля плотности популяций насекомых-вредителей, сорных растений и грибов, вызывающих болезни сельскохозяйственных растений. (§ 59)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ – время, продолжительность которого определяется длительностью жизни организмов (для бактерий оно составляет минуты, для гигантских секвой – тысячелетия). (§ 12)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО – пространство, величина которого определяется размерами особей (для тли оно

составляет несколько миллиметров, для слона – несколько десятков километров). (§ 12)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ – разнообразие видов в конкретной экосистеме, на определенной территории или на всей планете. (§ 11)

БИОМ – единица классификации экосистем. Биомы наземных экосистем выделяются по преобладающей жизненной форме растений и совпадают с природными зонами. Биомы водных экосистем выделяются по особенностям условий среды, которые определяют состав экосистем. (§ 42)

БИОМАССА – запас живого органического вещества в экосистеме (разделяется на фитомассу, зоомассу и др.). (§ 31)

БИОСФЕРА – совокупность всех экосистем Земли, оболочка Земли (включающая гидросферу, часть атмосферы и литосферы) заселенная живыми организмами. (§ 43)

БИОТА – совокупность живых организмов экосистемы. (§ 18)

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ – факторы среды, порождаемые жизнедеятельностью организмов. (§ 4)

БИОТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ – способность вида выживать в различных условиях среды; определяется его жизненной стратегией. (§ 14)

БИОТОП – совокупность условий среды (эко топ), преобразованная жизнедеятельностью организмов. (§ 4)

БИОЦЕНОЗ – взаимосвязанная совокупность живых организмов (растений, животных, бактерий, грибов), населяющих более или менее однородный участок суши. (§ 19)

БОЛОТО – экосистема избыточного увлажнения, в которой в качестве детрита накапливается торф. (§ 52)

БОТАНИЧЕСКИЙ САД – научно-исследовательское, учебное и культурно-просветительское учреждение, собрание коллекций живых растений. (§ 76)

БРАКОНЬЕРСТВО – незаконная добыча животных и растительного сырья без надлежащего разрешения, в запрещенных местах, в запрещенные сроки или запрещенными орудиями или способами. (§ 17)

БЫТОВАЯ РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА – воздействие на человека невысоких доз ионизирующего излучения, не связанного с производством ядерной энергии или специальным использованием радиоактивного излучения. Ее источники: бытовые приборы, строительные материалы, радон. (§ 68)

БЫТОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ – загрязнение окружающей среды жидкими и твердыми отходами коммунального хозяйства. (§ 65)

«ВЕРБЛЮД» – см пациент.

ВЕРМИКУЛЬТУРА – разведение дождевых червей на специальных фермах для получения биомассы биогумуса, используемого как удобрение. (§ 38)

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ – отношения между организмами одного трофического уровня (конкуренция, взаимопомощь). (§ 23)

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА – один из древнейших способов получения энергии с использованием ветра, перспективное направление развития нетрадиционной энергетики. (§ 90)

ВИДЕОЗАГРЯЗНЕНИЕ – насыщение городской архитектуры однообразными элементами строений, оказывающими отрицательное влияние на психику человека. (§ 65)

ВИОЛЕНТ – тип жизненной стратегии организма, обладающего высокой конкурентной мощностью и требующего богатых ресурсами, стабильных местообитаний (синоним – «лев»). (§ 10)

ВЫПАС – процесс потребления зеленой массы травостоя (или молодых побегов деревьев и кустарников) сельскохозяйственными животными. (§ 36)

ВЫРУБКА – участок леса, на котором в результате лесозаготовки уничтожен древостой. (§ 36)

ГАЗОНЫ – искусственные многолетние травяные сообщества, которые создаются в населенных пунктах. (§ 69)

ГАЛОФИТЫ – растения, приспособленные к произрастанию на засоленных почвах. (§ 7)

ГЕЛИОФИТЫ – растения, приспособленные к произрастанию на ярко освещенных местах. (§ 7)

ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА – получение электрической или тепловой энергии за счет солнечной энергии, перспективное направление развития нетрадиционной энергетики. (§ 90)

ГЕМИКРИПТОФИТЫ – многолетние травянистые растения, почки возобновления которых находятся у поверхности почвы. (§ 9)

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ БАНК – хранилище семян, глубоко замороженных тканей, половых и соматических клеток растений и животных, пригодных для последующего воспроизведения организмов. (§ 75)

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ – создание новых сортов растений, пород животных или штаммов микроорганизмов путем

конструирования несуществующих в природе сочетаний генов. (§ 64)

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – получение тепловой или электрической энергии за счет тепла земных глубин, один из вариантов нетрадиционной энергетики. (§ 90)

ГЕОФИТЫ – многолетние травянистые растения, почки возобновления которых находятся на подземных органах (корневищах, клубнях, луковицах и др.). (§ 9)

ГЕРБИЦИДЫ – вещества, используемые для контроля плотности популяций сорных растений. (§ 59)

ГЕТЕРОТРОФНАЯ ЭКОСИСТЕМА – экосистема, использующая преимущественно вещество и энергию органических соединений, накопленных в других (автотрофных) экосистемах. (§ 38)

ГЕТЕРОТРОФЫ – организмы, питающиеся органическим веществом растительного или животного происхождения (живое или мертвое). (§ 19)

ГИДРОФИТЫ – растения, приспособленные к произрастанию в водной среде. (§ 7)

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА – получение электрической энергии за счет энергии движения воды. (§ 90)

ГЛАВНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ – использование леса для заготовки древесины. (§ 45)

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ – отношения между организмами разных трофических уровней (пищевые, мутуализм). (§ 22)

ГОРОДСКАЯ ЭКОСИСТЕМА – территория города и его население (человек и другие организмы), гетеротрофная антропогенная экосистема. (§ 65)

ГУМИФИКАЦИЯ – процесс превращения остатков животных и растений в гумус, осуществляемый почвенными беспозвоночными животными, бактериями и грибами. (§ 20)

ГУМУС – органическое вещество почвы, основа плодородия. (§ 20)

ДЕГУМИФИКАЦИЯ (минерализация) – процесс разрушения гумуса до простых органических и минеральных соединений, осуществляется бактериями. (§ 20)

ДЕНИТРИФИКАЦИЯ – процесс микробиологического разрушения азотсодержащих соединений с образованием молекулярного азота. (§ 20)

ДЕПОПУЛЯЦИЯ – уменьшение числа особей в популяции; уменьшение численности народонаселения планеты. (§ 86)

ДЕТРИТ – мертвое органическое вещество в экосистеме, временно исключенное из биологического круговорота элементов питания. (§ 19)

ДЕТРИТОФАГИ – разнообразные организмы, питающиеся мертвым органическим веществом – детритом. (§ 19)

ЕСТЕСТВЕННЫЕ КОРМОВЫЕ УГОДЬЯ – травяные (реже с полом деревьев и кустарников) экосистемы, используемые как источники сена или пастбищного корма. (§ 47, 48)

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР – процесс выживания особей, наиболее приспособленных к условиям среды. (§ 1)

ЖИЗНЕННАЯ ФОРМА – внешний облик организма, комплекс морфологических, анатомических и поведенческих признаков, в котором отражается его приспособленность к условиям внешней среды. (§ 9)

ЖИЗНЕННОСТЬ ОСОБИ – состояние особи, отражающее степень ее процветания. (§ 15)

ЖИЗНЕННЫЕ СТРАТЕГИИ – способы реагирования организмов на изменение экологических условий. (§ 10)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ – привнесение в среду не свойственных ей химических, физических или биологических агентов (или превышение уровня агентов ей свойственных). (§ 4)

ЗАКАЗНИК – временно охраняемая природная территория, создаваемая для восстановления плотности популяции одного или нескольких видов растений или животных. (§ 76)

«ЗАКОНЫ» БАРРИ КОММОНЕРА – экологические афоризмы о принципах рационального природопользования («Все связано со всем», «За все надо платить», «Все надо куда-то девать», «Природа знает лучше»). (Послесловие)

ЗАЛЕЖЬ – заброшенное поле, на котором прекращена обработка почвы и происходит восстановление естественной растительности. (§ 35)

ЗАМОР – массовая гибель организмов в водоеме в результате снижения содержания кислорода в воде. (§ 7)

ЗАНОСНЫЕ ВИДЫ – виды живых организмов, непреднамеренно занесенные человеком в новый район. (§ 37)

ЗАПОВЕДНИК – особо охраняемая природная территория, на которой полностью исключена хозяйственная деятельность (включая туризм) в целях сохранения природных комплексов, а также слежения за происходящими в природе процессами. (§ 76)

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ – система мероприятий в сельском (а также лесном) хозяйстве для контроля плотности популяций

сорных растений, насекомых-вредителей, патогенных микроорганизмов и грибов. (§ 59)

ЗЕЛЕНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ – бурная интенсификация сельского хозяйства в период 60-70-х гг. (§ 64)

ЗЕЛЕННЫЕ – политические партии и общественные движения, ставящие задачей улучшение экологической ситуации на планете. (§ 100)

ЗООПЛАНКТОН – животные в составе планктона. (§ 40)

ЗООФАГИ – хищные организмы, питающиеся животными. (§ 19)

ИЗА (индекс загрязнения атмосферы) – комплексный показатель, отражающий содержание в атмосфере пяти основных загрязняющих веществ с учетом степени их вредности. (§ 72)

ИНСЕКТИЦИДЫ – химические препараты, используемые для контроля плотности насекомых-вредителей. (§ 59)

ИНСТИТУТ «WORLDWATCH» – экологический научный центр в США. (§ 87)

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ – комплекс методов, сочетающий биологические, агротехнические, и химические методы. (§ 59)

ИНТРОДУКЦИЯ – преднамеренный или случайный перенос особей какого-либо вида живых организмов за пределы его ареала. (§ 17)

КАНЦЕРОГЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА – химические соединения, вызывающие заболевания раком. (§ 62)

КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ – атмосферные осадки, содержащие серную и азотную кислоты. (§ 83)

КЛИМАТ – многолетний режим погодных условий. (§ 4)

КОГЕНЕРИРОВАНИЕ – приближение небольших энергоустановок к потребителям. (§ 90)

КОММЕНСАЛИЗМ – взаимоотношения организмов разных трофических уровней, при которых один партнер получает выгоду от другого, но ему пользы не приносит. (§ 23)

КОМПОСТИРОВАНИЕ – превращение органических веществ (в первую очередь навоза) в удобрение за счет аэробного гниения. (§ 61)

КОНКУРЕНЦИЯ – взаимоотношения организмов одного трофического уровня, которые одновременно используют один и тот же ресурс. (§ 22)

КОНСЕРВАЦИОНИЗМ – экологическое мировоззрение, ориентирующее человечество на сохранение биосферы в естественном состоянии и резкое сокращение народонаселения. (§ 86)

КОНСУМЕНТЫ – организмы, питающиеся живым или мертвым органическим веществом. (§ 19)

КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ ШЕЛЬФ – прибрежные мелководья с глубиной не более 150 м, наиболее важная для хозяйственного использования часть морей. (§ 42)

КОПРОФАГИ – организмы, питающиеся экскрементами других животных (или частично собственными). (§ 19)

КОЭФИЦИЕНТ РОЖДАЕМОСТИ – среднее количество детей, которое рождает женщина в течение жизни. (§ 88)

КРАСНАЯ КНИГА – издание, включающее список и характеристику видов растений, животных и грибов, которым угрожает уничтожение на определенной территории (страны, района, мира). (§ 75)

КРИВЫЕ ВЫЖИВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ – варианты динамики популяций с разной смертностью в разном возрасте. (§ 16)

КРИПТОФИТЫ – многолетние растения, почки возобновления которых находятся на органах, скрытых в почве или воде. (§ 9)

КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ – многократное участие веществ в процессах синтеза и разрушения органического вещества. (§ 44)

КСЕРОФИТЫ – растения, приспособленные к произрастанию в засушливых условиях. (§ 7)

КУЛЬТУРНЫЕ РАСТЕНИЯ – растения, выращиваемые человеком, результат искусственного отбора. (§ 55)

«ЛЕВ» – см. виолент

ЛЕС – экосистема, в которой основными продуцентами являются деревья. (§ 45)

ЛЕСНАЯ ПОДСТИЛКА – слой детрита на поверхности лесной почвы, образованный в основном опавшими листьями и веточками деревьев. (§ 39)

ЛЕСОПАРК – естественный лес в пределах города, который используется для отдыха населения. (§ 69)

«ЛЕВ» – см. виолент.

ЛИМИТИРУЮЩИЙ ФАКТОР – экологический фактор, в большей мере, чем другие, влияющий на состав и биологическую продукцию экосистемы. (§ 6)

ЛИТОРАЛЬ – прибрежная мелководная часть озер; в море – зона, покрытая водой во время прилива и осушающаяся во время отлива. (§ 42)

ЛУГ – экосистема с преобладанием многолетних травянистых растений на почвах нормального увлажнения. (§ 48)

МАКРОФИТЫ – крупные водные растения, в основном сосудистые, реже водоросли (хары). (§ 40)

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ УРОЖАЙ (МДУ) – величина допустимого изъятия из популяции (или экосистемы) биологической продукции без нарушения экологического равновесия, экологический норматив. (§ 17)

МЕГАПОЛИС – гигантские агломерации городов с населением свыше 10 млн. человек. (§ 66)

МЕЗОТОП – вид со средней по широте амплитудой распределения по экологическому фактору. (§ 7)

МЕТАНТЕНК – емкость биологического очистного сооружения, где очистка загрязненной воды осуществляется анаэробными микроорганизмами (с выделением метана). (§ 74)

МИКОРИЗА – грибокорень, мутуалистический симбиоз гриба и корня растения. (§ 24)

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ – химические элементы, необходимые для роста и развития растений в небольших количествах (бор, марганец, медь, железо, цинк, йод, бром и др.). (§ 56)

МОНОКУЛЬТУРА – выращивание на одном поле одного вида культурного растения в течение нескольких лет. (§ 64)

МУТУАЛИЗМ – взаимовыгодные отношения между организмами. (§ 24)

НАВОЗ – экскременты сельскохозяйственных животных, ценное органическое удобрение. (§ 61)

НАТУРАЛИЗАЦИЯ – «одичание» интродуцированных видов. (§ 37)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК – особо охраняемая природная территория с дифференцированным режимом охраны (исключено хозяйственное использование, но разрешен организованный отдых). (§ 76)

НЕВОЗОБНОВИМЫЕ (ИСЧЕРПАЕМЫЕ) РЕСУРСЫ – полезные ископаемые, ресурсы минерального сырья, нефти, газа, которые человек использует однократно. (§ 92)

НЕКТОН – совокупность организмов, активно плавающих в толще воды и преодолевающих течение. (§ 40)

НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА – получение энергии из возобновимых источников при минимальном загрязнении окружающей среды. (§ 90)

НООСФЕРА – понятие, предложенное В.И.Вернадским (а также независимо некоторыми другими учеными), которым обозначается результат разумного преобразования биосферы деятельностью человека. (§ 84)

ОЗЕЛЕНЕНИЕ – посадка в населенных пунктах деревьев, кустарников и создание газонов, один из наиболее эффективных вариантов улучшения городской среды. (§ 69)

ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ (озоновый экран) – слой атмосферы с повышенным содержанием озона, расположенный на высоте 20-45 км. (§ 82)

ООПТ (особо охраняемые природные территории) – участки земной поверхности, намеренно выведенные из хозяйственного использования. (§ 76)

ОПУСТЫНИВАНИЕ – появление под влиянием хозяйственной деятельности человека ландшафтов, близких к пустынным. (§ 80)

ОТВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ – подготовка почвы к посеву с оборотом пласта. (§ 57)

ОТХОДЫ – побочный результат деятельности промышленных или сельскохозяйственных предприятий, остатки производства. (§ 72)

ОХРАНА ПРИРОДЫ – сохранение ресурсов биосферы – биологического разнообразия, воды, почв, недр, атмосферы. (§ 75)

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ – системы различных устройств, в которых очищаются загрязненные воды (промышленные или бытовые стоки) и газообразные выбросы промышленных предприятий. (§ 74)

ПАМЯТНИК ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ – особо охраняемая территория, на которой расположены историко-культурные и природные достопримечательности, имеющие значение для всего мирового сообщества. (§ 76)

ПАМЯТНИК ПРИРОДЫ – небольшой участок охраняемой территории, включающий отдельные деревья, популяции редких видов растений, редкие сообщества и т. д. (§ 76)

ПАР – поле севооборота, на котором происходит восстановление плодородия почвы и контролируется засоренность. (§ 60)

ПАРАЗИТОИДЫ – организмы (в большинстве своем насекомые), которые на определенных стадиях своего жизненного цикла откладывают яйца в тело организма-хозяина, что, как правило, приводит к гибели хозяина. (§ 19)

ПАРАЗИТЫ – животные, растения или микроорганизмы, которые питаются за счет организма-хозяина.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ – эффект разогрева приземного слоя воздуха, вызванный тем, что атмосфера поглощает тепловое излучение земной поверхности, в которое превращается большая часть достигшей Земли световой энергии Солнца. (§ 81)

ПАСТБИЩЕОБОРОТ – система использования пастбищ в определенной последовательности, которая позволяет травостоям восстанавливаться после очередного стравливания. (§ 47)

ПАСТБИЩНАЯ ДИГРЕССИЯ – экологическая сукцессия, вызываемая выпасом скота. (§ 47, 48)

ПАСТБИЩНАЯ ЕМКОСТЬ – экологический норматив, выраженный в числе условных голов крупного рогатого скота, которые могут содержаться на 1 га в течение пастбищного сезона без разрушения травостоя. (§ 47)

ПАТИЕНТ – тип жизненной стратегии организма, способного переносить стресс и обитать в экстремальных условиях (синоним – «верблюд»). (§ 10)

ПДК (ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ) – экологический норматив, обозначающий предельную концентрацию вещества в воде, почве, атмосфере, или продуктах питания, при которой он не может нанести вред здоровью человека. (§ 72)

ПЕРЕВЫПАС – разрушение травостоя пастбища под влиянием чрезмерного выпаса. (§ 47)

ПЕСТИЦИДЫ – разнообразные химические соединения, которые используются для защиты растений. (§ 59)

ПИЩЕВАЯ СЕТЬ – система трофических отношений в экосистеме, при которой у хищников возможны разные жертвы, а у жертв – разные хищники. (§ 28)

ПИЩЕВАЯ ЦЕПЬ – последовательность организмов разных трофических уровней, в которой каждый предыдущий организм служит пищей последующему. (§ 28)

ПИЩЕВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ – взаимоотношения организмов, при которых происходит передача вещества и энергии от одного организма другому в процессе питания (растение – фитофаг, жертва – хищник, хозяин – паразит). (§ 23)

ПЛАНКТОН – совокупность организмов, пассивно плавающих (парящих) в толще воды и переносимых течением. (§ 40)

ПОБОЧНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ – использование леса для охоты, сбора растительного сырья, сенокошения, выпаса скота, создания пасеки и т.д. (§ 45)

ПЛОТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ – количество особей на единице площади. (§ 14)

ПЛУТОНИЙ – опаснейший радиоактивный элемент, который не встречается в природе и образуется в реакторах атомных электростанций. (§ 91)

ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ ЕМКОСТЬ – предел буферных способностей экосистемы (или всей биосферы) выдерживать хозяйственную деятельность человека. (§ 88)

ПОЛИКУЛЬТУРА – совместное выращивание нескольких видов культурных растений. (§ 63)

ПОПУЛЯЦИЯ – совокупность особей одного вида на ограниченной территории, достаточная для ее самовоспроизведения. (§ 12-17)

ПОРОГ ВРЕДНОСТИ – плотность популяции сорного растения или насекомого-вредителя, при которых затраты на ее контроль равны стоимости получаемой при этом прибавки урожая. (§ 59)

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ ПОДХОД – тенденция наращивания потребления материальных благ населением. (§ 97)

ПОЧВА – биокосное образование, продукт взаимодействия биоты и материнских пород, важнейшая часть наземной экосистемы. (§ 20)

ПОЧВОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕ КУЛЬТУРЫ – культуры в севообороте, при выращивании которых происходит восстановление плодородия почвы. (§ 60)

ПОЧВОРАЗРУШАЮЩИЕ КУЛЬТУРЫ – культуры в севообороте, при выращивании которых происходит снижение плодородия почвы. (§ 60)

ПРИЛИВНО-ОТЛИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – получение электрической энергии за счет использования энергии приливов и отливов. (§ 90)

ПРОДУЦЕНТЫ – см. автотрофы

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – обеспечение в достаточном количестве продуктов питания для населения отдельной страны или мирового сообщества в целом. (§ 89)

ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ – попадание в окружающую среду жидких, твердых и газообразных отходов промышленных предприятий. (§ 72)

ПРОТОКООПЕРАЦИЯ – взаимовыгодное сотрудничество без жесткой связи между сотрудничающими организмами. (§ 23)

ПУСТЫНИ – экосистемы, которые формируются в условиях сильного стресса засухи при годовом количестве осадков менее 200 мм. (§ 50)

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ – привнесение в среду радиоактивных веществ, которые отсутствуют в природе, или повышение содержания естественных радиоактивных веществ. (§ 72)

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ (РАО) – все радиоактивные и зараженные материалы, образующиеся в процессе использования радиоактивности человеком и не находящие дальнейшего применения. (§ 91)

РАДОН – инертный радиоактивный газ, продукт распада радия. (§ 68)

РАЦИОНАЛЬНОЕ (НЕИСТОЩИТЕЛЬНОЕ) ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ – использование естественных экосистем или их элементов (древостой, популяция промыслового животного, травостой пастбища и т.д.), при котором не происходит разрушение ресурсов и не ухудшается среда обитания и соответственно здоровье человека. (§ 45-54)

РЕГУЛИРОВАНИЕ РОСТА НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ – система мер воздействия на численность населения Земли. (§ 88)

РЕДУЦЕНТЫ – организмы бактерии и грибы), которые превращают органические остатки в неорганические вещества. (§ 19)

РЕИНТРОДУКЦИЯ – возвращение в природу видов, исчезнувших в естественных экосистемах, после их размножения в неволе. (§ 75)

РЕКРЕАЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ – предельное количество отдыхающих, которые в течение определенного периода времени (сутки, неделя, месяц, лето) могут использовать территорию для отдыха, не разрушая экосистемы. (§ 45)

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ – мероприятия по ликвидации промышленных нарушений ландшафтов. (§ 98)

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ – уменьшение расхода сырьевых ресурсов, используемых в промышленности, при сохранении или увеличении количества конечной продукции. (§ 92)

РЕСУРСЫ СРЕДЫ – факторы среды, которые потребляются организмами в процессе жизнедеятельности. (§ 4)

РЕУТИЛИЗАЦИЯ (рециклинг) – использование вторичных ресурсов, то есть отходов, в качестве сырья или источника энергии. (§ 92)

РИЗОСФЕРА – тонкий слой почвы, окружающей корень, в котором за счет выделяемых корнем органических веществ живут микроорганизмы, в первую очередь бактерии-азотфиксаторы. (§ 24)

«РИМСКИЙ КЛУБ» – неправительственная организация, объединившая ученых, исследующих развитие человечества в эпоху научно-технической революции. (§ 85)

РУДЕРАЛЬНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ – разнообразные антропогенные растительные сообщества, которые занимают местообитания, интенсивно нарушаемые человеком (сформированы эксплорентами). (§ 69)

САМОИЗРЕЖИВАНИЕ – снижение плотности популяции за счет гибели части особей в результате конкуренции. (§ 15)

САМООЧИЩЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД – процесс очищения воды от загрязняющих веществ путем их разложения и осаждения организмами. (§ 36)

САПРОПРЕЛЬ – отложения на дне континентальных водоемов, которые состоят из неразложившегося детрита, смешанного с минеральными осадками. (§ 40)

САПРОТРОФЫ – организмы, питающиеся мертвым органическим веществом (детритом), детритофаги и редуценты. (§ 19)

СЕВООБОРОТ – чередование культур, выращиваемых на одном поле. (§ 60)

СЕГЕТАЛЬНОЕ СООБЩЕСТВО – совокупность видов сорных растений на поле. (§ 59)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ – привнесение в среду токсичных химических соединений или патогенных микроорганизмов в процессе сельскохозяйственного производства. (§ 62)

СЕСТАЙНИНГ – устойчивое состояние агроэкосистемы, при котором сохраняются ресурсы почв и естественных кормовых угодий, биологическое разнообразие, и при этом обеспечивается достаточно высокий выход сельскохозяйственной продукции. (§ 63)

СИГНАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ – информационные взаимоотношения организмов за счет химических, звуковых или зрительных сигналов. (§ 25)

СИДЕРАТЫ – культуры, которые запахиваются в почву в качестве зеленого удобрения. (§ 63)

СИМБИОЗ – устойчивое совместное существование двух или нескольких видов организмов, в ходе которого оба партнера (или один из них) получают преимущества в отношениях с внешней средой. (§ 23)

СИМБИОТРОФЫ – микроорганизмы (грибы, бактерии, одноклеточные простейшие животные), которые связаны отношениями мутуализма с растениями или животными. (§ 19)

СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ – комплекс технологических и организационных мероприятий, сопровождающих получение растениеводческой продукции. (§ 60)

СИСТЕМА ПОЛЕЗНЫХ СИМБИОТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ – система взаимоотношений между растениями, животными и другими организмами агроценоза, при которой возникают элементы саморегуляции. (§ 59)

СМОГ – туманная завеса над промышленными предприятиями и городами, образованная из газообразных отходов. (§ 65)

СТЕПЬ – биом, представленный открытыми безлесными ландшафтами с травянистой растительностью, устойчивой к засухе. (§ 47)

СОПРОТИВЛЕНИЕ СРЕДЫ – влияние среды, сдерживающее процессы жизни и размножения организмов. (§ 14)

СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ – растения, адаптированные для произрастания в посевах и развивающиеся в них помимо воли человека. (§ 59)

СОЦИОПРИРОДНАЯ ЭКОСИСТЕМА – экосистема, созданная человеком (сельскохозяйственная, городская, промышленная). (§ 38)

СПОНТАННЫЕ ВИДЫ – виды, появившиеся в антропогенных экосистемах помимо воли человека. (§ 59)

СРЕДЫ ЖИЗНИ – главные комплексы экологических факторов (водная, наземно-воздушная, почвенная, живые организмы). (§ 4)

СТЕНОТОП – вид с узкой амплитудой распределения по экологическому фактору. (§ 7)

СУККУЛЕНТЫ – многолетние растения с сочными листьями или стеблями, легко переносящий высокие температуры воздуха. (§ 7)

СУПЕРПАРАЗИТЫ – паразиты паразитов. (§ 19, 23)

СУХОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – возделывание засухоустойчивых культурных растений в районах недостаточного увлажнения без использования полива. (§ 63)

СЦИЕНТИЗМ – вера в безграничные возможности науки, экологическое мировоззрение. (§ 84)

СЦИОФИТЫ – растения приспособленные к произрастанию в затененных местообитаниях. (§ 7)

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА – получение энергии за счет энергоносителей (как правило, ископаемых: угля, нефти, газа, сланцев, торфа). (§ 90)

ТЕПЛОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ – нагревание воздуха, воды или почвы в результате попадания в окружающую среду тепловых отходов различных хозяйственных объектов и при утечке тепла в жилищно-коммунальном хозяйстве. (§ 72)

ТЕРОФИТЫ – однолетние растения. (§ 9)

ТЕХНОКРАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД – см. сциентизм.

ТОРФ – слабо разложившиеся растительные остатки, которые накапливаются в болотной экосистеме, вариант детрита. (§ 52)

ТРАВОСМЕСЬ – посев из нескольких видов трав, вариант поликультуры. (§ 48)

ТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА – получение энергии из углеводородных энергоносителей (уголь, нефть, газ), урана. (§ 90)

ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ – звенья пищевой цепи, организмы которых получают энергию через одинаковое число посредников. (§ 28)

ТУНДРА – безлесная территория, расположенная к северу от зоны тайги. (§ 49)

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ – металлы с удельным весом свыше $4,5 \text{ г/см}^3$. (§ 74)

УДОБРЕНИЕ – минеральные и органические вещества, с помощью которых человек пополняет запас питательных элементов в почве. (§ 56)

УРБАНИЗАЦИЯ – процесс возрастания доли городского населения и влияния городов на биосферу. (§ 66)

УСЛОВИЯ СРЕДЫ – факторы среды, которые не потребляются организмами в процессе жизнедеятельности.. (§ 4)

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ – развитие человечества, при котором улучшаются условия жизни человека, а воздействие на окружающую среду остаются в пределах хозяйственной емкости биосферы. (§ 87)

ФАКТОРЫ СРЕДЫ – любые свойства или компоненты внешней среды, оказывающие влияние на организмы. (§ 4)

ФАНЕРОФИТЫ – жизненная форма деревьев и кустарников. (§ 9)

ФЕРОМОНЫ – сигнальные вещества животных. (§ 25)

ФИЗИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ – неблагоприятное влияния на окружающую среду физических факторов, сопровождающих хозяйственную деятельность человека. (§ 72)

ФИЛЬТРАТОРЫ – водные животные, которые в процессе питания процеживают воду через специальные органы (жабры двустворчатых моллюсков, ножки усонюгих рачков, пластины китового «уса» и т.д.). (§ 19, 40)

ФИТОПЛАНКТОН – водоросли в составе планктона. (§ 40)

ФИТОФАГИ – организмы, питающиеся растениями (травоядные). (§ 19, 40)

природы соразмерять свои интересы с интересами других членов общества. (§ 96)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СУКЦЕССИЯ – процесс постепенного изменения состава, структуры и функции экосистемы под влиянием внешних или внутренних факторов. (§ 35-37)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭТИКА – учение о должном отношении человека к природе, основанное на внутренних нравственных принципах. (§ 96)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ – см. факторы среды.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ – группы видов, обитающих в сходных экологических условиях. (§ 7)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПИРАМИДЫ – графические фигуры, показывающие соотношение биомассы, численности организмов или продукции, образуемых организмами на разных трофических уровнях. (§ 32)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ – совокупность экологических требований, выполнение которых обязательно для всех людей, живущих на планете. (§ 64)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ – система слежения за процессами, происходящими в экосистемах, популяциях и организмах (включая человека) под влиянием изменения среды обитания. (§ 95)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ – состояние экосистемы, при котором сохраняются постоянными (или, при экологической сукцессии, постепенно изменяются) видовой состав, продукция и круговороты элементов питания. (§ 1)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ – определение пороговых значений антропогенных факторов (и состояния экосистем), после превышения которых проявляется их существенное отрицательное влияние. (§ 35)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ – видение будущего, на основе которого формируется оценка современных отношений человечества и природы. (§ 84-86)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРАВО – формируемая государством законодательная база регулирования взаимоотношений человека и природы. (§ 94)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ САМОСОЗНАНИЕ – этические нормы поведения человека, направленные на сохранение окружающей среды и населяющих ее организмов. (§ 96)

ЭКОЛОГИЯ – комплекс наук, исследующих различные аспекты отношений живых организмов и условий среды. (§ 1, 3)

ЭКОСИСТЕМА – совокупность организмов и условий среды, в которой они обитают. (§ 18)

ЭКОТОП – совокупность абиотических факторов среды биоценоза или экосистемы. (§4)

ЭКСПЛЕРЕНТ – тип жизненной стратегии организма, способного быстро усваивать обильные ресурсы при условии отсутствия или ослабления конкуренции (синоним – «шакал»). (§ 10)

ЭКТОТЕРМНЫЕ ЖИВОТНЫЕ – хладнокровные животные, температура тела которых в основном зависит от температуры окружающей среды. (§ 7)

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ – автомобиль с аккумуляторным электродвигателем. (§ 67)

ЭНДОТЕРМНЫЕ ЖИВОТНЫЕ – теплокровные животные (млекопитающие, птицы). (§ 7)

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – уменьшение удельных затрат энергии. (§ 90)

ЭНТОМОФАГИ – организмы, питающиеся насекомыми. (§ 59)

ЭРОЗИЯ (почвы) – процесс разрушения почвы под действие воды или ветра. (§ 56)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТКОРМА – количество животноводческой продукции, которое может быть получено на единицу корма. (§ 61)

ЯРУС – элемент вертикальной структуры наземной экосистемы. (§ 26, 39)

Оглавление

СЛОВО К ШКОЛЬНИКУ	Ошибка! Закладка не определена.
ЧАСТЬ 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ.....	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 1. ЧТО ИЗУЧАЕТ ЭКОЛОГИЯ?	Ошибка! Закладка не определена.
§ 1. ЭКОЛОГИЯ – НАУКА XX ВЕКА	Ошибка! Закладка не определена.
§ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РОССИИ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 3. СТРУКТУРА ЭКОЛОГИИ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	Ошибка! Закладка не определена.
ЧАСТЬ 2. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗМ И УСЛОВИЯ СРЕДЫ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ.....	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 5. ОРГАНИЗМЫ КАК ПИЩЕВЫЕ РЕСУРСЫ....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 6. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ОТНОШЕНИЙ ОРГАНИЗМОВ И УСЛОВИЙ СРЕДЫ ...	Ошибка! Закладка не определена.
Закладка не определена.	
§ 7. АДАПТАЦИИ (ПРИСПОСОБЛЕНИЯ) ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ.	Ошибка! Закладка не определена.
Закладка не определена.	
§ 8. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 9. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗМОВ	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 10. ЖИЗНЕННЫЕ СТРАТЕГИИ ОРГАНИЗМОВ	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 11. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 3. ПОПУЛЯЦИЯ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 12. РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИЙ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 13. СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ.....	Ошибка! Закладка не определена.

§ 14. ЧИСЛЕННОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 15. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ ВНУТРИ ПОПУЛЯЦИИ ...	Ошибка! Закладка не определена.
ДОП. § 16. КРИВЫЕ ВЫЖИВАНИЯ И МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИЙ.	Ошибка! Закладка не определена.
§ 17. ПРИЧИНЫ, НАРУШАЮЩИЕ СТАБИЛЬНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ.	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 4. ЭКОСИСТЕМА	Ошибка! Закладка не определена.
§ 18. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОСИСТЕМЫ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 19. СОСТАВ ЭКОСИСТЕМЫ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 20. ПОЧВА	Ошибка! Закладка не определена.
ДОП. § 21. РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 5. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ В ЭКОСИСТЕМЕ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 22. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ ...	Ошибка! Закладка не определена.
§ 23. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 24. МУТУАЛИЗМ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 25. СИГНАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 26. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША.....	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 27. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И РЕАЛИЗОВАННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НИШИ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 6. ФУНКЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 28. ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ И СЕТИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 29. БЮДЖЕТ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМЕ.....	Ошибка! Закладка не определена.
(ДОП.) § 30. АККУМУЛЯЦИЯ ВЕЩЕСТВ ОРГАНИЗМАМИ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 31. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 32. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПИРАМИДЫ	Ошибка! Закладка не определена.
§ 33. ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 7. ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 34. ОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ.....	Ошибка! Закладка не определена.
§ 35. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВНУТРЕННИМИ ФАКТОРАМИ	1
§ 36. СУКЦЕССИИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЧЕЛОВЕКОМ.....	3
(ДОП.) § 37. СУКЦЕССИИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЗАНОСОМ ВИДОВ	6
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10
ГЛАВА 8. РАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ.....	12
§ 38. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ И РОЛИ ЧЕЛОВЕКА.....	12
§ 39. ЭКОСИСТЕМА ЛЕСА	14
(ДОП.) § 40. СРАВНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ	16
(ДОП.) § 41. ХЕМОТРОФНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОАЗИСОВ РИФТОВЫХ ЗОН ОКЕАНА	22
(ДОП.) § 42. БИОМЫ.....	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24
ГЛАВА 9. БИОСФЕРА	26
§ 43. СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ	27
§ 44. ОСНОВНЫЕ БИОСФЕРНЫЕ КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
ЧАСТЬ 2. ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ	36

ГЛАВА 10. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ	36
§ 45. ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	37
(ДОП.) § 46. РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСОВ РОССИИ	43
§ 47. СТЕПНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	45
§ 48. ЛУГОВЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	49
§ 49. ЭКОСИСТЕМЫ ТУНДРЫ	51
§ 50. ЭКОСИСТЕМЫ ПУСТЫНЬ	53
§ 51. ГОРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	55
§ 52. БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	56
§ 53. ПРЭСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	57
§ 54. МОРСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
ГЛАВА 11. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ (АГРОЭКОСИСТЕМЫ)	66
§ 55. СОСТАВ И СТРУКТУРА АГРОЭКОСИСТЕМЫ	67
§ 56. ПОЧВА — ГЛАВНЫЙ РЕСУРС АГРОЭКОСИСТЕМЫ	69
(ДОП.) § 57. ИСТОРИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	73
§ 58. ПРОЧИЕ РЕСУРСЫ АГРОЭКОСИСТЕМЫ	74
§ 59. КОНТРОЛЬ СОРНЯКОВ, НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ	75
(ДОП.) § 60. ИСТОРИЯ СЕВООБОРОТОВ	78
(ДОП.) § 61. ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА	81
§ 62. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ	83
§ 63. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	86
(ДОП.) § 64. ЗЕЛЕНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
ГЛАВА 12. ГОРОДСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ	95
§ 65. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ	95
§ 66. УРБАНИЗАЦИЯ	100
§ 67. ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ	101
(ДОП.) § 68. БЫТОВАЯ РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА	106
§ 69. РАСТЕНИЯ В ГОРОДЕ	108
(ДОП.) § 70. ЭКОСИТИ	110
(ДОП.) § 71. КВАРТИРА КАК ЭКОСИСТЕМА	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
ГЛАВА 13. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	118
§ 72. ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ	118
§ 73. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕДА ОТ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	125
(ДОП.) § 74. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	129
ГЛАВА 14. ОХРАНА ПРИРОДЫ	131
§ 75. УРОВНИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ	131
§ 76. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
ЧАСТЬ 4. СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ	142
ГЛАВА 15. ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИРОДУ	142
§ 77. НОМО SAPIENS КАК БИОСОЦИАЛЬНЫЙ ВИД	143
§ 78. РАЗРУШЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ	144
§ 79. УНИЧТОЖЕНИЕ ЛЕСОВ	146
§ 80. ОПУСТЫНИВАНИЕ	147
§ 81. УСИЛЕНИЕ ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА	148
§ 82. РАЗРУШЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ	150
§ 83. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
ГЛАВА 16. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МИРОВОЗЗРЕНИЯ XX ВЕКА	155
§ 84. СЦИЕНТИЗМ	155
§ 85. АЛАРМИЗМ	158
§ 86. КОНСЕРВАЦИОНИЗМ	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	161
ГЛАВА 17. ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБЩЕСТВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	162
§ 87. ЧТО ТАКОЕ ОБЩЕСТВО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	162

§ 88. РЕГУЛИРОВАНИЕ РОСТА НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ	163
§ 89. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	166
§ 90. РЕШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ	168
(ДОП.) § 91. ПЕРСПЕКТИВЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	175
§ 92. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСАМИ	177
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	180
ГЛАВА 18. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ПРАВОВЫЕ И ЭТИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.....	181
§ 93. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ	181
§ 94. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРАВО	184
§ 95. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ	185
§ 96. ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НРАВСТВЕННОСТИ	187
§ 97. ПРЕОДОЛЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОДХОДА	188
(ДОП.) § 98. ЭКОЛОГИЯ И РЕЛИГИЯ.....	189
§ 99. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ.....	191
§ 100. РОЛЬ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ.....	194
§ 101. «КОНЦЕПЦИЯ ПЕРЕХОДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ».....	195
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	197
ПОСЛЕСЛОВИЕ	198
СЛОВАРЬ-УКАЗАТЕЛЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ	205