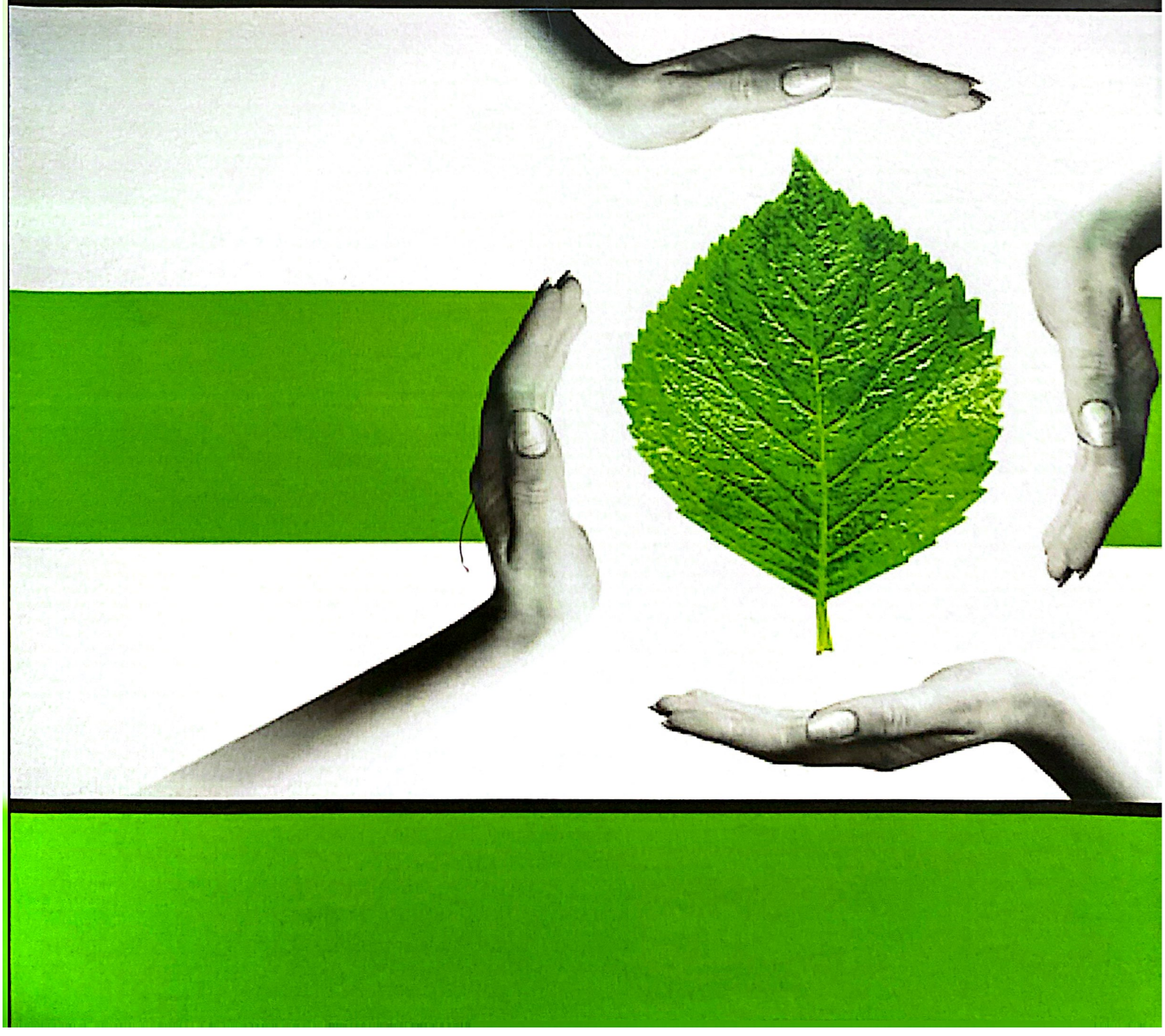
А.С. Мусина

ЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ



Scanned with CamScanner

А.С. Мусина

ЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Учебник

«Бопай ханым жоғары медициналық колледжі»
жауапкершілігі шектеулі серіктестігі
КІТАПХАНА

Караганда, 2019

Scanned with CamScanner

УДК 502/504(075.8)
ББК 20.1 я73
М 91

Одобрено Ученым советом Казахского женского педагогического университета Протокол № 2

Рецензенты:

Генеральный директор «Института проблем горения» Комитета науки МОН РК, доктор химических наук, профессор, академик МАН ВШ, лауреат Госпремии РК - ***Мансуров Зулхаир Аймухаметович;***

Доцент кафедры экологии Казахского государственного женского педагогического университета, кандидат с\х наук, доцент - ***Байташева Гаухар Умиралиевна.***

М 91 А.С. Мусина. **Экология и устойчивое развитие:** Учебник (3-ое издание). Караганда: ТОО «Medet Group», 2019. – 235 с.

ISBN 978-601-7938-77-2

Учебник написан в соответствии с требованиями действующего государственного образовательного стандарта и программой, рекомендованной Министерством образования Республики Казахстан.

Предназначается для студентов высших учебных заведений, где введен курс «Экология», являющийся обязательным на всех факультетах разных направлений специализации. Учебник рекомендуется также для учителей и учащихся средних школ, лицеев и колледжей. Он необходим и для широкого круга инженерно-технических работников, занимающихся вопросами охраны окружающей среды. В учебнике изложены также экологические проблемы Казахстана, соответствующие реалиям настоящего дня.

УДК 502/504(075.8)
ББК 20.1 я73

ISBN 978-601-7938-77-2

© А.С. Мусина, 2019
© ТОО «Medet Group», 2019

Scanned with CamScanner



***А.С. Мусина** – доктор технических наук, профессор*

Является автором более 300 публикаций, в том числе имеются 3 монографии, 2 учебника по экологии, научные статьи, тезисы докладов на Международные, Республиканские конференции, симпозиумы и совещания, Авторские свидетельства СССР, патенты, предпатенты и инновационный патенты РК, 12 актов внедрений, выступала на теле и радиопередачах, посвященных проблемам экологии, награждена бронзовой медалью ВДНХ СССР, нагрудным знаком «Изобретатель СССР». Под её руководством защищены 2 кандидатские диссертации.

Scanned with CamScanner

СОДЕРЖАНИЕ

	Предисловие	7
	Глава 1. Экология как наука. Краткий обзор	8
1.1	Введение. Предмет и задачи экологии	8
1.2	Понятие об экологии	11
1.3	Экология, как глобальная проблема современности	16
	Глава 2.	
2.1	**Элементы факториальной экологии (АУТЭКОЛОГИЯ)**	23
2.1.1.	Организм и среда	24
2.1.2.	Понятие о среде обитания и экологических факторах	26
2.1.3.	Общий характер действия экологических факторов. Законы минимума и толерантности. Понятие о лимитирующем факторе	29
2.1.4.	Приспособление организмов к неблагоприятным условиям среды	33
2.2.	**Элементы экологии популяций (ДЕМЭКОЛОГИЯ)**	37
2.2.1.	Понятие о популяции. Демэкология	37
2.2.2.	Специфические показатели популяций	40
2.2.3.	Структура популяции	44
2.2.4.	Этологическая структура популяции	46
2.3.	**Синэкология – экологии сообществ популяций**	53
2.3.1.	Элементы экологии сообществ	53
2.3.2.	Биотические связи в биоценозах	55
2.3.3.	Структура биоценоза	58
2.3.4.	Экологическая ниша вида	61
2.3.5.	Устойчивость и развитие биоценозов	64
2.3.6.	Взаимоотношения организмов в биоценозе	67
	Глава 3. Экосистемы	71
3.1.	Экосистемы и принципы их функционирования	71
3.2.	Потоки вещества и энергии в экосистеме	74
3.3.	Биологическая продуктивность экосистем. Правило пирамид	76
3.4.	Динамика экосистем. Сукцессия и климакс	81
3.5.	Саморегуляция и устойчивость экосистем	84
3.6.	Искусственные экосистемы	87
	Глава 4. Биосфера	92
4.1.	**Роль живого вещества в биосфере**	92
4.1.1.	Общие понятия о живой системе	94
4.1.2.	Основные свойства живого вещества	98
4.2.	**Учение о биосфере и биосферно - ноосферная концепция В.И. Вернадского**	101

Scanned with CamScanner

4.2.1.	Общие представления о геосферах	101
4.2.2.	Атмосфера – газовая оболочка Земли	103
4.2.3.	Гидросфера и литосфера	109
4.2.4.	Состав, строение и границы биосферы	111
4.2.5.	Живое вещество биосферы	114
4.2.6.	Общепланетарные функции живого вещества	116
4.2.7.	Продуктивность биосферы	120
4.2.8.	Основные циклы биохимических круговоротов	122
4.2.9.	Динамика биосферы	128
4.2.10	Понятие о ноосфере	131
	Глава 5. Глобальная экосистема – планета Земля	138
5.1.	Внешние защитники жизни на Земле	138
5.2.	Антропогенный фактор в биосфере	145
5.3.	Экологические кризисы	148
5.4.	Неделимость человека от биосферы	149
5.5.	Особенности популяции человека	152
5.6.	Понятие о социальной экологии	154
5.7.	Экология и здоровье человека. Факторы риска	157
5.8.	Трансформирующие агенты биосферы	161
5.9.	Деградация генофонда человечества	165
	Глава 6. Концепция устойчивого развития	168
6.1.	Устойчивое развитие – путь к решению экологических и экономических проблем	168
	Глава 7. Загрязнение природной среды и его масштабы	176
7.1.	Загрязнение окружающей среды	176
7.2.	Загрязнение водных ресурсов	178
7.3.	Загрязнение атмосферы	186
7.4.	Загрязнение почвы	190
7.5.	Парниковый эффект	192
7.6.	Глобальное потепление – проблема человечества «номер один»	196
7.7.	Кислотные дожди	200
7.8.	Истощение озонового слоя	209
7.9.	Антропогенное воздействие на ближний космос	214
7.10.	Уничтожение и деградация лесов	220
7.11.	Взаимосвязь экономического и экологического вреда	222
	Глоссарий	225
	Примерный перечень практических занятий	231
	Список рекомендуемой литературы	233

Scanned with CamScanner

Человек может играть силами природы лишь до определенных пределов; то, что вы создали, обернется против вас.

Г. Лафкравт

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время, в условиях индустриального развития общества и демографического взрыва отрицательные последствия человеческой деятельности приобрели глобальный характер. В невиданных ранее масштабах загрязняется окружающая среда. Наметились тенденции к истощению горючих и минеральных ресурсов. Разные виды антропогенной деятельности человека привели к прямому или косвенному уничтожению разнообразных видов животных и растений. Химическое загрязнение природной среды, радиационная обстановка, качество продуктов питания и питьевой воды и т.д. привели к ухудшению состояния здоровья населения. Возникли такие глобальные экологические проблемы как явление парникового эффекта, разрушение озонового слоя, загрязнение Мирового океана, опустынивание и др.

Экологическая ситуация в Казахстане, в связи с экстенсивным развитием экономики, также резко ухудшилась: кризис Аральской экосистемы, неблагоприятная экологическая обстановка в Прикаспийском регионе и Восточном Казахстане; территорий, прилегающих к Семипалатинскому полигону, деградация почв и т.д. Весьма серьезной становится проблема самого человека. Причем речь в данном случае идет об угрозе полного изменения природы человека, преобразования его организма в другой организм, лишь кое в чем похожий на тот, который сложился в процессе эволюции и социально-исторического прогресса. Такого рода угроза, как и другие глобальные угрозы, возникают как некая зловещая возможность, открываемая научно-технической революцией. До определенного времени воздействие человека на окружающую среду сглаживалось природными процессами, происходящими в биосфере, согласно принципу Ле-Шателье.

Решение проблемы возможно в результате восстановления баланса, что представляет собой чрезвычайно сложную,

Scanned with CamScanner

беспрецедентную в глобальном отношении задачу, поставленную в 1992 году в Рио-де-Жанейро, где была подписана и утверждена концепция по Устойчивому развитию. Устойчивое развитие в глобальной системе «общество – природа» означает соблюдение динамического равновесия в социо-экосистемах разного уровня. Чем раньше человечество осознает это и пойдёт по пути устойчивого развития, тем вероятнее будет его выживание на Земле. При этом решающая роль принадлежит экологическому образованию, содержанием и сущностью которого является процесс формирования у личности экологического мировоззрения, основой которого является дисциплина «Экология и устойчивое развитие».

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 1

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА. КРАТКИЙ ОБЗОР

1.1. Введение. Предмет и задачи экологии

Экологические проблемы сегодня тревожат умы всего человечества. Цена вопроса – не только благосостояние людей, речь идет о жизни. Так, только за последнее десятилетие природные катастрофы убили около полумиллиона человек по всему миру.

Экология одна из сравнительно молодых бурно развивающихся наук. Н.Ф. Реймерс отмечает, что она «из строго биологической науки превратилась в значительный цикл знания, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономики, даже теологии – по сути дела, всех известных научных дисциплин».

Экологию определяют как науку, исследующую закономерности жизнедеятельности организмов в их естественной среде обитания, с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека.

В настоящее время экология распалась на ряд научных отраслей и дисциплин, подчас далеких от первоначального понимания ее как биологической науки (биоэкологии) об отношениях живых организмов с окружающей их средой. Так, Н.Ф. Реймерс, выделяет около 50 отраслей.

Поскольку почти все организмы, населяющие какую-либо конкретную территорию, связаны между собой прямыми и косвенными взаимоотношениями, то конструкции их сообществ крайне сложны. Соединение чрезвычайной сложности объектов с многогранным физическим окружением их превращает экологию в науку, охватывающую необыкновенно широкий круг вопросов. Нет другой такой дисциплины, которая искала бы объяснения для столь разнообразных явлений и на столь большом числе различных уровней организации. Поэтому экология вобрала в себя элементы многих других наук. Здесь

Scanned with CamScanner

можно найти методы и приемы физики, химии, математики и оперирования с вычислительной техникой, географии, климатологии, геологии, океанографии, экономики, социологии и психологии.

Глобальные проблемы экологии являются общечеловеческими как в смысле затрагивающих жизненные интересы всех людей, народов, стран, континентов, так и в том, что их решение не может быть делом одного государства или группы государств, возникнув вдруг, на пустом месте. Они являются результатом длительного исторического развития мировой цивилизации.

С точки фактора времени рассматривают историческую и эволюционную экологии. *В системе экологии человека* выделяют социальную экологию, отличающуюся от экологии индивида и экологии человеческих популяций по функционально-пространственному уровню, равную синэкологии, но имеющую ту особенность, что сообщества людей в связи с их средой имеют доминанту социальной организации (социальную экологию рассматривают для уровней от элементарных групп до человечества в целом).

В области взаимоотношения общества и природы произошла революция, в результате которой возникла новая, преобразующая общественно-производственная технология. Развиваются земледелие, скотоводство, применяются металлы, используются животные в качестве рабочей силы, строятся первые города. Человек начинает преобразовывать, эксплуатировать природу. Одновременно происходит и революционное изменение в общественной жизни – возникает классовое деление общества.

Значение экологии возрастало по мере того, как развивалась эта наука. Так, на ранних этапах своего развития экология выявляла закономерности жизни организмов в природе, констатировала факты. В первой половине XX века она начала выявлять возможности управления биологическими ресурсами. Современная экология воспринимается как наука, являющаяся основой природопользования, формирует особый экологический стиль мышления рассчитанный на преодоление потребительского отношения к естественным природным

Scanned with CamScanner

ресурсам, на учет совокупных техногенных воздействий на среду обитания, ориентированный на достижение соответствующего экономического потенциала без существенных деградационных изменений окружающей природной среды, на решение жизненных проблем современной цивилизации в их глубоком ценностном, гуманистическом содержании и определяющей экологически компетентное поведение человека индустриального общества в природе. Экология, как самостоятельная наука, имеет свой объект изучения, свои задачи и свои методы грамотности, без которых немыслим менталитет культурного человека. Различные науки привлекаются для чисто экологических исследований. Из-за этого рамки науки сильно расширяются. Но совершенно очевидно, что ни один эколог не может быть квалифицированным специалистом во всех разделах этой всеобъемлющей науки. Поэтому существует множество различных специалистов-экологов, перед которыми открыты широкие перспективы изучения разнообразных закономерностей и объектов. Это часто заставляет эколога далеко уходить в недра другой науки, и бывает невозможно сразу определить, эколог ли это. Такая ситуация неминуемо ставит вопрос – в чем специфика работы эколога? Как отличить эколога от зоолога, ботаника или физиолога? Способ отличить очень прост: нужно отвлечься от объекта исследований.

Таким образом, рассмотрев примеры отношения экологии с другими науками, мы видим, что, хотя между экологией и ими существуют тесные связи и взаимное проникновение в некоторых вопросах, тем не менее, границы каждой науки хорошо очерчены. Поэтому споров о компетенции эколога обычно не возникает. Все это еще раз подтверждает, что и что само существование человека на нашей планете будет зависеть от её прогресса.

Scanned with CamScanner

1.2. Понятие об экологии

Краткая история развития экологии

Термин **«экология»** образован от двух греческих слов (oikos – дом, жилище и logos – наука, знание), т.е. означает в буквальном смысле «наука о местообитании».

Вернадский В.В. создал учение о биосфере, указав при этом, какую огромную роль играют живые организмы в геохимических процессах на нашей планете.

Первым трудом по экологии следует считать работу Ч. Дарвина (1859 г.) «Происхождение видов». Сформулированный им вывод о существующей в природе постоянной борьбе за существование принадлежит, без сомнения, к числу центральных положений экологии. В 1866 г. вышел в свет фундаментальный труд немецкого зоолога Э. Геккеля «Всеобщая морфология организмов». В нем впервые было дано общее определение экологии как суммы знаний по совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической.

Экология своими корнями уходит в далекое прошлое. В качестве самостоятельной науки экология сформировалась к началу XX века. При этом наряду с зарубежными учеными в ее развитие и становление внесли огромный вклад ученые России: Тимирязев К.А., Докучаев В.В., Вернадский В.И., Вавилов Н.И., Сукачев В.Н., Шварц С.С., Морозов Г.Ф., Яблоков А.В., Реймерс Н.Ф. и другие.

Истинное значение экологии по-настоящему стали осознавать лишь на закате XX века, когда возрастание численности населения планеты и резко усилившееся воздействие человека на природную среду, приведшее к ее деградации, поставили со всей остротой вопрос быть или не быть человеческой цивилизации. Чтобы удовлетворить свои немалые потребности в чистом воздухе, воде и физиологически здоровой пище, человеку надо знать не только, как устроена и как функционирует природная среда, но и как сделать ее своим союзником, сведя в то же время до минимума наносимый ей вред. Эти проблемы как раз и изучает экология.

Scanned with CamScanner

Структура и основные задачи экологии

Итак, экология – синтетическая наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания.

Она изучает влияние факторов среды на растительные и животные организмы, реакции отдельных особей, популяций и сообществ на эти факторы, а также механизмы, которые влияют на численность популяций, их структуру, исследует биологическую продуктивность природных сообществ, закономерности функционирования экологических систем.

Как учебный предмет экология делится на четыре основных раздела:

1) аутэкология или факториальная экология (учение об экологических факторах);

2) экология популяций или демэкология;

3) экология сообществ и экосистем или биогеоценология;

4) основы учения о биосфере или экология биосферы.

При изучении многообразных процессов, которые происходят в живой природе, экология использует много методов, среди которых главными являются: метод наблюдения, сравнительный метод, исторический метод, экспериментальный метод и моделирование. В частности, исторический метод изучает закономерности появления и развития организмов, становления их структуры и функции. В лабораторных опытах исследуется влияние разных условий на организмы, устанавливается их реакция на заданные воздействия. В процессе изучения отношений организмов со средой обитания в искусственно созданных условиях можно достаточно глубоко разобраться в происходящих явлениях природы. Следует осознать, что человек для природы всего лишь один из многочисленных порожденных ею видов живых существ. Когда-то его не было... Война, которую человек фактически ведет с природой – заранее проигранная война: кто бы ни победил в ней – человек обречен. Выход из создавшегося положения – мирное сосуществование, совместное развитие (коэволюция) человеческого общества и природы, при котором должна быть разумно перестроена жизнь и отдельного человека, и общества в целом. Хочешь жить сам – дай жить другим.

Scanned with CamScanner

Все это определяет стратегическую задачу экологии. На основе познания законов природы, используя все достижения научно-техническою прогресса, необходимо создать научную базу для гармонизации взаимоотношений человеческого общества и природы и разработать практические рекомендации, направленные на оздоровление и поддержание надлежащего качества природной среды, без чего невозможно нормальное существование всего ныне живущего на Земле и Жизни как таковой в перспективе.

Логика развития экологии как науки, а также потребности практической охраны объектов природы обусловили создание так называемого экологического варианта системного познания, или *экологического подхода.* Особенностью такого подхода является то, что в представление об экологической системе входят две крупные подсистемы: одна из них условно помещается в центре и рассматривается как главный (или центральный) объект, а другая — как окружающая среда. Эти подсистемы непрерывно обмениваются веществом, энергией и информацией. Все связи оцениваются, прежде всего, по их воздействию на установленный объект. Выбирая по тому или иному критерию центральный объект, ученые автоматически разграничивают систему и среду, выявляя при этом контуры основных связей между ними.

Следуя этому подходу, можно мысленно вычленить из мира живой природы, всего многообразия живых организмов только одну *особь.* Эта условно изолированная особь (например, заяц) будет находиться под воздействием только *факторов* окружающей среды, среди которых основными окажутся климатические. Именно они, прежде всего температура, влажность, освещенности др., имеют определяющее значение в распространении тех или иных видов на Земле. Кроме того, для водных организмов особое значение приобретает вода как единственная среда обитания, а для наземных растений огромную роль играют физические и химические свойства почвы. Изучение действия различных природных факторов на отдельные (искусственно изолированные) организмы есть первое и наиболее простое подразделение экологии — *аутэкология.* Рассмотрим далее более высокий уровень

Scanned with CamScanner

организации живой материи, когда особь находится в окружении таких же особей, которые вместе занимают определенную территорию и относятся к одному виду.

Такие группы, как уже отмечалось ранее, называют *популяциями* (от лат. Popflus – народ, население). В популяции особь начинает испытывать влияние соседей, а главное начинает воспроизводиться. При этом очевидно, возникают новые проблемы, которые обусловливают необходимость изучения влияния тех же внешних факторов, но уже не на отдельную особь, а на группу особей, на изменение ее состава и численности. Нельзя полагать, что популяция – просто сумма отдельных особей, а ее свойства – лишь сложение свойств этих особей. У популяции в результате сложного взаимодействия входящих в нее организмов появляются только ей присущие свойства, которые совершенно не присущи отдельной особи (например, способность к размножению, а следовательно, к изменению численности и полового состава).

Исследование жизнедеятельности отдельных популяций, определение характера и причин их изменений, происходящих в результате внешних и внутренних воздействий, составляет предмет *популяционной экологии* или *демэкологии.*

Совершенно ясно, что как отдельная особь не способна длительно существовать вне «родной» популяции, так и сама популяция не может жить изолированно: она нуждается в веществе, энергии, информации, пространстве и других ресурсах, без которых нет жизни. Вследствие этого одна популяция вступает во взаимоотношения, причем самые разнообразные, с другими популяциями. Это и борьба за пространство и пищу, но это может быть и взаимная помощь (опыление насекомыми растений) и т.д. Иными словами, различные популяции связаны множеством нитей, они, объективно повинуясь законам природы, не могут существовать друг без друга. Следовательно, совместно обитающие популяции различных организмов всегда образуют определенное единство, которое называют сообществом или *биоценозом.* Важнейшее свойство сообщества – устойчивость, т.е. способность к самоподдержанию своих природных свойств и видового состава при внешних воздействиях. При этом важно подчеркнуть, что устойчивость сообщества обусловлена как

Scanned with CamScanner

устойчивостью входящих в него популяций, так и особенностями взаимодействия между ними. Изучение сообществ, их взаимоотношений с окружающей средой составляет предмет *экологии сообществ* или *синэкологии* (от греч. sun – вместе).

Однако и сообщество не способно существовать изолированно от окружающей среды, так как многие виды взаимоотношений популяций, входящих в сообщество, осуществляются через элементы неживой природы или весьма зависят от нее (например, хищники обычно выходят на охоту ночью). Сообщество живых организмов занимает определенное жизненное пространство, которое называется биотопом (от греч. Bios – жизнь и topes – место).

Биотоп вместе с сообществом живых организмов различных видов образуют *экологическую систему* или сокращенно – *экосистему.* Главная ее особенность состоит в том, что в ней длительное время поддерживаются вполне устойчивые взаимодействия (обмен веществом, энергией и информацией) между элементами живой и неживой природы. Таким образом, в отличие от популяции или даже сообщества, экосистему можно считать вполне самостоятельным объектом, так как в ней имеются все компоненты, необходимые для ее длительного существования. Экосистемами являются лес, озеро, тундра и т. д., но к ним следует отнести и каплю воды со всеми ее обитателями.

Совокупность всех экосистем планеты, которые имеются в пределах грех геосфер (атмосферы, гидросферы и литосферы) и с которыми находятся во взаимодействии живые организмы, образует самую крупную экосистему Земли – *биосферу.* Изучение биосферы, в которой все живые организмы тесно связаны между собой и со своим окружением, состоящим из элементов неживой природы, (воды, воздуха, почвы, света, температуры и др.) – задача сложнейшего раздела экологии – *глобальной экологии.*

Scanned with CamScanner

1.3. Экология, как глобальная проблема современности

Чтобы получить целостное представление об экологии, понять ее истоки и роль, которую она играет среди наук, изучающих живые организмы, следует предварительно ознакомиться с наиболее важными общими принципиальными её положениями.

По отношению к *предметам изучения* экологию подразделяют на экологию микроорганизмов (прокариот), грибов, растений, животных, человека сельскохозяйственную, промышленную (инженерную), общую экологию.

По *средам и компонентам* различают экологию суши, пресных водоемов, морскую, Крайнего Севера, высокогорий, химическую (геохимическую, биохимическую). *По подходам к предмету* выделяют аналитическую и динамическую экологии.

Возникают существенные вопросы: в каком направлении преобразовываться человеку, с какой целью, на какой идеал ориентироваться; где гарантия того, что, даже преследуя благородные цели, подобная деятельность не образует такую эволюционную ветвь, которая уничтожит человека в современном его понимании? Эти и другие вопросы не являются надуманными, к ним обращаются серьезные ученые, писатели, обществоведы, деятели культуры.

Современная научно-техническая революция дает в руки человека такие могучие производительные силы, используя которые, он наносит непоправимый ущерб природе, а через нее и самому себе. Если все вулканы Земли выбрасывают ежегодно из недр в виде лавы и пепла около *16 кубических километров земных пород*, то бульдозеры, экскаваторы, бурильные установки выворачивают наизнанку более *60 кубических километров*. Ежегодно в результате производственной деятельности выбрасываются в окружающую среду сотни миллионов тонн веществ, вредных для всего живого; каждый год извлекается из недр земли и, так или иначе, рассеивается по ее поверхности порядка *100 млрд. тонн различных ископаемых веществ*. Ежегодно в результате сжигания топлива в атмосферу поступает (даже с учетом очистки) *более 20 млрд. тонн двуокиси углерода и*

Scanned with CamScanner

более 700 млн. тонн других паро- и газообразных соединений и твердых частиц; производится более 60 млн. тонн неизвестных в природе синтетических материалов. Ежегодно в почвы сельскохозяйственных угодий вносится свыше *500 млн. тонн минеральных удобрений и примерно 3 млн. тонн различных ядохимикатов,* одна треть которых смывается поверхностными стоками в водоемы или задерживается в атмосфере при рассеивании с самолетов. Эти удобрения, конечно, повышают урожайность, но через плоды сельскохозяйственного производства, а также непосредственно попадают в организм человека, нанося ему и последующим поколениям неизлечимый вред.

Угрожающие масштабы приобретают промышленное использование пресной воды и атмосферного кислорода, загрязнение мирового океана и почвы, нагревание планеты теплом энергетических установок. *Ежедневно исчезает один вид растений или животных*, каждый год, площадь продуктивных земельных угодий, приходящаяся на одного человека, сокращается на 6–7%, пустыня на планете возрастает на *50 тыс.км²*, уничтожается 6 млн. га леса (0,6%). Это наносит все увеличивающийся вред обществу (особенно растет число раковых и сердечно-сосудистых заболеваний).

Наметилась тенденция к снижению средней продолжительности жизни человека, растет количество *дефективных новорожденных.* До середины 50-х гг. XX в. оно составляло *4%*. Ученые считают такой процент допустимым и нормальным. К концу XX века в промышленно развитых странах этот процент возрос *до 12%.* Наблюдения показывают, что данная тенденция сохраняется, и если она не будет остановлена, то это неминуемо вызовет крупнейшие и непредсказуемые социальные, интеллектуальные и психосоциальные последствия.

Все более острой становится энергетическая проблема, причем не потому, что не хватает энергии, а напротив, по причине ее избыточного производства. Суть дела состоит в следующем. Все материальные, биологические, химические, физические и иные процессы на Земле за многие сотни миллиардов лет существования и эволюции планеты сложились и приспособились к строго определенному количеству той

«Бопай ханым жоғары медициналық колледжі»
жаңа жершілігі шектеулі серіктестігі
КІТАПХАНА

Scanned with CamScanner

энергии, которую Земля получает от Солнца. Еще древние учёные верно отмечали, что все, что происходит на Земле, обязано Солнцу.

В процессе производственной деятельности люди используют различные, но большей частью невосполнимые источники энергии, преимущественно путем сжигания органических веществ. В последнее время к ним присоединились источники атомной энергии. Высвобожденная человеком энергия (например, в процессе сгорания), проделав определенную работу, уходит в окружающую среду. Всякая форма энергии постепенно преобразуется в тепло, которое, в конечном счете, уходит в космос. Однако, прежде чем уйти в далекое космическое пространство, оно нагревает Землю и нижние слои атмосферы.

Пока материальное производство находилось на сравнительно низком уровне, антропогенная добавка к солнечной энергии на Земле была незначительной. Научно-техническая революция дала в руки человека такой мощный энергетический потенциал, что антропогенная добавка стала заметной. В 1970 г. все человечество производило 0,02% ее от солнечной энергии, поступающей к Земле, и по мере развития материального производства через 100–150 лет эта цифра может увеличиться более чем в сто раз. В таком случае, вызванное этим потепление, обусловит таяние ледников Северного и Южного полюсов, Гренландии и горных массивов. В результате уровень Мирового океана поднимется почти на 70 метров; произойдет затопление низменных территорий суши, где расположено большинство крупнейших городов мира; изменяется природно-климатический процесс на всей Планете, что приведет к перераспределению ее массы. Это вызовет изменение угла наклона оси и скорости вращения Земли, а также скорости вращения вокруг Солнца, мощные тектонические движения, которые могут привести к перемешиванию поверхностных слоев Земли и уничтожению почти всего живого.

Уже в течение нескольких десятилетий XX в. наблюдается увеличение частоты сильных засух, охватывающих обширные районы. Физико-химические и климатические изменения, происходящие на поверхности планеты и в ближайшем ее

Scanned with CamScanner

космическом окружении, ускоряют ее внутренние процессы – возрастает частота крупномасштабных землетрясений, растет активность вулканов. Ученые предполагают, что XXI в. может оказаться временем значительной антропогенной активизации сейсмических процессов, а возможно, и других трудно предсказуемых проявлений внутренних сил Земли. Ясно, что в результате этих процессов жизнь человечества окажется в опасности.

Все возрастающую тревогу ученых вызывает, отмеченное около десяти лет назад, увеличение *«озоновой дыры»* над Антарктидой. Как известно, газ озон содержится во всех слоях атмосферы, но максимальных величин его концентрация достигает на высоте 20–25 км над поверхностью Земли. Этот озоновый слой как одеяло покрывает всю планету и почти не пропускает ультрафиолетовые лучи Солнца, губительные для всего живого.

Газовые отходы различных производств, особенно химического, холодильного, поднимаясь в атмосферу, разрушают озоновый слой. По каким-то пока еще не очень понятным причинам это в наибольшей мере проявилось над южным полюсом, где в конце 1987 г. было отмечено, *что «дыра» достигла 5 млн. кв. км.* И хотя она временами сужается, общая тенденция направлена на расширение. Границы «озоновой дыры» раздвигаются в сторону Австралии, Южной Америки, Африки. Зафиксировано значительное уменьшение концентрации озона над Северным полюсом. Уменьшение озона в атмосфере означает увеличение ультрафиолетовой радиации, вызывающей различные заболевания, в частности рак кожи.

Кроме того, следует отметить, что *Глобальное потепление – проблема человечества «номер один».* Повсеместное изменение климата на Земле стало неоспоримым фактом. За последнее столетие средняя температура на планете увеличилась *на 0,74°С.* Причем основной рост пришелся на последние десятилетия. Поэтому большинство экологов и ученых сходятся во мнении, что существенный вклад в надвигающееся глобальное потепление вносит человеческая активность, связанная в первую очередь с выбросом в атмосферу углекислого газа и метана, вызывающих парниковый эффект. Меньше одного градуса –

Scanned with CamScanner

величина как будто мизерная, особенно по сравнению с колебанием зимних и летних температур в регионах с резко континентальным климатом, но здесь речь идет о повышении среднегодовой температуры на Земле в целом. Достаточно ее увеличения еще на 1 – 2 градуса, чтобы арктическая полярная шапка стала летом таять полностью. А повышение средней температуры на 2–3 градуса приведет к масштабным и необратимым климатическим изменениям, сравнимым с ледниковым периодом. И если ситуация с загрязнением окружающей среды не изменится, то глобальное потепление на 1 градус произойдет уже к 2050 году, а к концу XXI века температура может повыситься на 3 градуса. Поэтому уже сейчас надо принимать срочные меры, чтобы удержать дальнейший рост температуры. Это позволит смягчить силу глобальных климатических изменений.

По данным ООН, в результате человеческой деятельности, приводящей к уничтожению экосистем планеты, в ближайшие десятилетия с лица Земли исчезнет четверть видов млекопитающих и представителей других биологических царств. Поэтому в Норвегии на Шпицбергене ученые приступают к строительству «Замороженного ковчега», которому смог бы позавидовать даже Ной. Биологи надеются разместить там охлажденные семена и замороженные яйцеклетки представителей земных сельскохозяйственных культур и животных, чтобы сохранить видовое разнообразие Земли под натиском глобального потепления.

В условиях изменения климата потребность в воде будет возрастать для обеспечения нужд населения и промышленности Казахстана, а также соседних стран Центральной Азии и КНР. Водная зависимость Казахстана от этих стран составляет почти 50 %. В результате деградации ледников годовой сток горных рек существенно уменьшится. Для северного склона Заилийского Алатау сток сократится на 163 млн. $м^3$ в год или примерно, на 12 %. Исследования показали, что значительное уменьшение стока р. Или из КНР началось с 70-х годов прошлого века.

Чтобы придать гласности вопиющие факты по убиению Балхаша еще в 2000 году в рамках I-го Международного экологического форума «Балхаш-2000», привлекая внимание Правительства РК и сопредельных государств, НПО, а также

Scanned with CamScanner

широкой международной общественности к экологическим проблемам Или-Балхашского бассеина и, в частности озера Балхаш, Экосоюз «Табиғат» инициировал проведение ежегодной Или-Балхашской регаты. Небольшая инициатива общественной организации переросла в крупное событие республиканского масштаба, активно поддержанное Министерством туризма и спорта, Министерством охраны окружающей среды РК, акиматом Алматинской области. Как отмечают организаторы, главная цель регаты - обратить внимание общественности к экологическим проблемам региона, связанных с водопользованием из трансграничных рек и водоемов под девизом: «Больше чистой воды под килем!» (рис. 1) и «Жемчужина Балхаша» (рис. 2).

Если в 2001 году в сплаве приняли участие 70 человек, то в 2014 году их количество приближалось к 1500, а общее число участников превышало 6500 человек.



Рисунок 1. *Регата 2010 – «Больше чистой воды под килем!»*

Scanned with CamScanner

а)



б)



Рисунок 2. *Парусная регата 2011 на озере Балхаш*

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 2

2.1. ЭЛЕМЕНТЫ ФАКТОРИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ (АУТЭКОЛОГИЯ)

Развитие экологии как науки, а также необходимость практической охраны объектов природы обусловили создание ***экологического подхода*** системного познания.

В экологическую систему входят две крупные подсистемы: одна из них условно помещается в центре и рассматривается как главный (или центральный) объект, а другая – как окружающая среда. Эти подсистемы непрерывно обмениваются веществом, энергией и информацией. Все связи оцениваются, прежде всего, по их воздействию на выбранный объект. Выбирая по тому или иному критерию центральный объект (организм, популяцию и т.д.), ученые автоматически разграничивают систему и среду, выявляя при этом контуры основных связей между ними.

Следуя этому подходу, можно мысленно вычленить из мира живой природы, всего многообразия живых организмов только одну особь. Эта условно изолированная особь (например, заяц) будет находиться под воздействием только ***факторов*** окружающей среды, среди которых основным окажутся климатические. Именно они, прежде всего – температура, влажность, освещенность и др. имеют определяющее значение в распространении тех или иных видов на земле. Кроме того, для водных организмов особое значение приобретает вода, как единственная среда обитания, а для наземных растений огромную роль играют физические и химические свойства почвы.

Изучение действия различных природных факторов на отдельные (искусственно изолированные) организмы есть первое и наиболее простое подразделение экологии – ***аутоэкологии.***

Аутэкология, изучающая взаимоотношения представителей того или иного вида с окружающей его средой, в основном опирается на исследования процессов адаптации видов к окружающей среде, в особенности к абиотическим факторам парных взаимодействий (организм – фактор). Именно поэтому ее часто называют *факториальной экологией.*

Scanned with CamScanner

2.1.1. Организм и среда

Среда с позиции экологии. Организм является начальной, основной единицей обмена веществ. Именно с организма и начинается цепочка взаимоотношений живой материи, ее нельзя прервать ни на одном уровне.

Индивиды любого вида живого всегда представлены в природной среде не изолированными отдельностями, а только их определённым образом организованными совокупностями – правило объединения в популяции, сформулированное С.С. Четвериковым в 1903 г.

Очевидно, что существует глубокая связь между организмом и окружающей средой. Среда – комплекс природных тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. В широком смысле – это материальные тела, явления и энергия, воздействующие на организм. Существует значительное разнообразие понятия «среда» в зависимости от степени конкретизации. Так, внешняя среда рассматривается как совокупность сил и явлений природы, ее вещество и пространство, любая деятельность человека (организма), находящаяся вне рассматриваемого объекта или субъекта и необязательно непосредственно контактирующая с ним. Понятие окружающая среда состоящей из абиотической среды то же, что и среда внешняя, но она находится в непосредственном контакте с объектом или субъектом. Поэтому более правильно говорить «окружающая человека среда» и т.д. Кроме того, имеет место и конкретное пространственное понимание среды как непосредственного окружения организма – среда обитания. К ней относят только те элементы среды, с которыми данный организм вступает в прямые или непрямые отношения, т.е. это все то, среди чего он живет.

В земных условиях живые организмы освоили четыре основные среды обитания, сильно различающиеся по специфике условий. Первой по времени была водная среда, в которой возникла и распространилась жизнь. В последующем живые организмы овладели наземно-воздушной средой, далее они создали и заселили почву. Четвертой специфической средой жизни стали сами организмы, тела которых использовались паразитами или симбионтами.

Scanned with CamScanner

Влияние среды на организм.

Организм, испытывая потребность в притоке вещества, энергии и информации полностью зависит от среды. Уместно здесь привести закон, открытый российским ученым К.Ф. Рулье: результаты развития (изменений) любого объекта (организма) определяются отношением его внутренних особенностей и особенностей той среды, в которой он находится. Этот закон, иногда называемый первым экологическим законом жизни, имеет общее значение, так как в равной мере относится к живой и неживой материи, а также социальной сфере.

Эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей, носит название ***адаптации.***

Способность к адаптациям — одно из основных свойств жизни вообще, поскольку обеспечивает саму возможность ее существования, возможность организмов выживать и размножаться. При этом адаптации способны проявляться на самых разных уровнях: от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экосистем.

Каждый организм реагирует на окружающую среду в соответствии со своей генетической конституцией. Правило соответствия условий среды генетической предопределенности организма гласит: до тех пор, пока среда, окружающая определенный вид организмов, соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям, этот вид может существовать. Согласно этому правилу, тот или иной вид живого возник в определенной среде и, в той или иной степени смог приспособиться к ней. Дальнейшее его существование возможно лишь в ней или в среде, близкой к ней. Резкое и быстрое изменение условий среды обитания может привести к тому, что генетический аппарат вида не сможет приспособиться к новым условиям жизни. Сказанное в полной мере относится и к человеку.

Влияние живых организмов на среду.

Организмы и сами способны существенно воздействовать на среду. Так, их жизнедеятельность сильно влияет на газовый состав атмосферы. Это связано, в частности, с тем, что в

Scanned with CamScanner

результате фотосинтеза зеленых растений в атмосферу поступает кислород. Диоксид углерода, напротив, извлекается из атмосферного воздуха растениями и вновь поступает туда в процессе разложения остатков погибших организмов.

На предел воздействия организмов на среду обитания указывает другой экологический закон жизни (Куражковский Ю.Н.): каждый вид организмов, потребляя из окружающей среды необходимые ему вещества и выделяя в нее продукты своей жизнедеятельности, изменяет ее таким образом, что среда обитания становится непригодной для его существования.

Таким образом, организмы не только испытывают воздействие постоянно меняющихся условий среды, но и сами способны изменять эти условия.

2.1.2. Понятие о среде обитания и экологических факторах

Влияние среды на организм осуществляется через воздействие ее компонентов – экологических факторов.

Экологический фактор – это любое условие среды, способное оказывать прямое или косвенное влияние на живой организм хотя бы на протяжении одной из фаз его индивидуального развития. В свою очередь, организм реагирует на экологический фактор специфическими приспособительными реакциями, т. е. адаптируясь к ним. Экологические факторы весьма разнообразны, имеют разную природу и специфику действия, они могут быть необходимы для организмов или, наоборот, вредны для них, способствовать или препятствовать выживанию и размножению. Их подразделяют на ***абиотические, биотические и антропогенные*** (рис. 8).

По продолжительности действия экологические факторы бывают: разовые (падение метеорита, снаряда), постоянные (сила тяготения, состав океана, атмосферы), изменчивые – регулярно-периодические (суточно-сезонная ритмика); нерегулярно-периодические (погодные условия, бури, ливни, обвалы, землетрясения), эпизодические (многие антропогенные), длительно направленные (зарастание водоемов, потепление климата).

Scanned with CamScanner

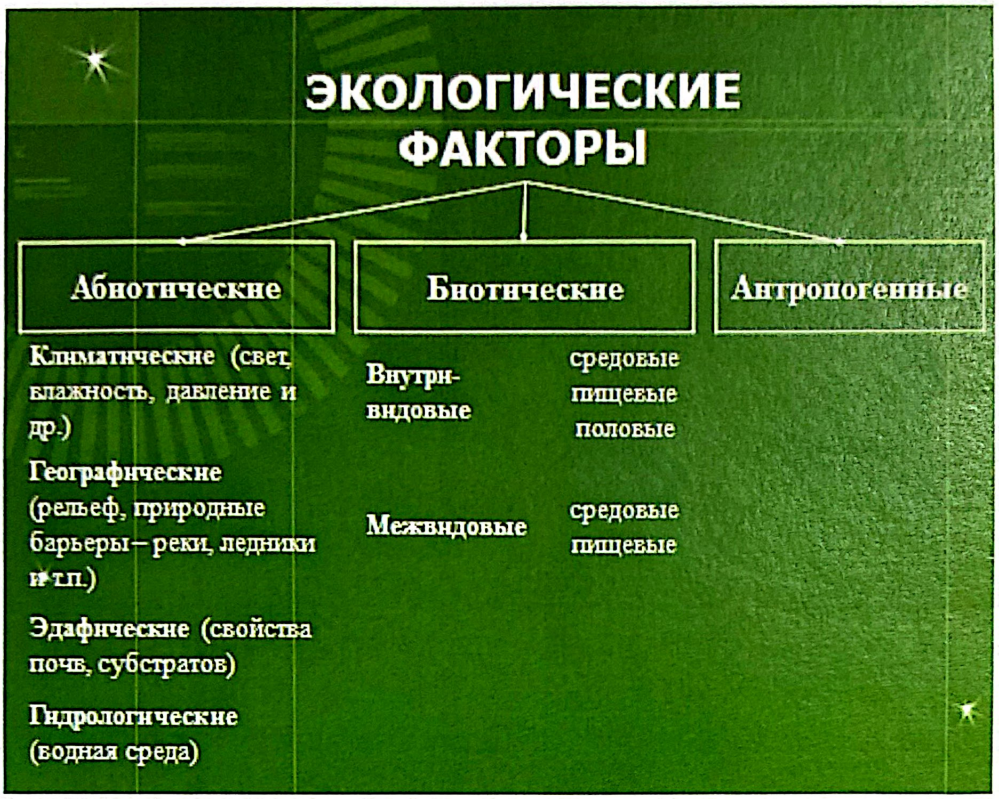


Рисунок 3. *Экологические факторы среды*

Абиотические факторы – это все свойства неживой природы, прямо или косвенно влияющие на живые организмы (свет, температура, радиация, давление, влажность воздуха, солевой состав воды, рельеф местности и т. д.).

Биотические факторы – это прямые и опосредованные формы воздействия живых существ друг на друга. Любой организм в реальных условиях постоянно испытывает на себе самое различное влияние других существ.

Антропогенные факторы – факторы, которые возникают в ходе непосредственного (прямого) воздействия человека на что-то. Весьма часто употребляют термин «антропогенный фактор». Под ним понимают фактор, косвенно обязанный своим происхождением деятельности (настоящей и прошлой) человека. В последние годы антропогенные факторы, учитывая силу их воздействия, выделяют как отдельную категорию экологических факторов. Существуют и другие подходы к классификации экологических факторов:

- *по очередности* (первичный и вторичный);

Scanned with CamScanner

- *по времени* (эволюционный и исторический);
- *по происхождению* (космический, абиотический, биогенный, биотический, биологический, природно-антропогенный. антропический);
- *по среде возникновения* (атмосферный, водный, геоморфоло-ический, эдафогенный, физиологический, генетический, популяционный, биоценотический, экосистемный, биосферный);
- *по степени воздействия* (летальный, приводящий живой организм к гибели; экстремальный; лимитирующий; беспокоящий; мутагенный; тератогенный, приводящий к уродствам в ходе индивидуального развития).

Один и тот же фактор среды имеет различное значение для жизни совместно обитающих организмов разных видов. Так, сильный ветер в зимнее время весьма неблагоприятен для крупных животных, особенно обитающих открыто (лоси), но не действует на более мелких, обычно укрывающихся в норах или под снегом. Некоторые свойства среды остаются относительно постоянными на протяжении длительных периодов времени: сила тяготения, солнечная постоянная, солевой состав океана, свойства атмосферы.

Другие экологические факторы (температура, влажность, ветер, хищники, паразиты и т. д.) изменчивы во времени и пространстве. При этом особенности среды обитания определяют, как уже указывалось, степень и характер изменчивости каждого из факторов. Так, например, температура меняется существенно на поверхности суши, но практически постоянна на дне океана или в глубине пещер. А.С. Мончадский предложил оригинальную классификацию экологических факторов. Он исходил из того, что приспособительные реакции организмов к тем или иным факторам среды определяются степенью постоянства воздействия этих факторов, т.е. их периодичностью. С учетом вышеизложенного, выделяются первичные и вторичные периодические факторы, а также непериодические факторы.

К первичным периодическим факторам относят явления, связанные в основном с вращением Земли: суточная смена освещенности, смена времен года. Эти факторы, которым свойственна правильная периодичность, действовали задолго до

Scanned with CamScanner

появления жизни на Земле и возникающие живые организмы должны были адаптироваться к ним.

Вторичные периодические факторы – следствие первичных периодических: например, влажность, температура, осадки, динамика растительной пищи (для животных), содержание растворенных газов в воде.

К непериодическим факторам относятся факторы, не имеющие правильной периодичности, цикличности. Таковы почвенно-грунтовые факторы, разного рода стихийные явления. Уточним, что «не периодично» лишь само тело почвы, составляющие ее компоненты, но динамика таких свойств почвы, как влажность, температурный режим, может определяться первичными периодическими факторами и в свою очередь, оказываться периодичной.

2.1.3. Общий характер действия экологических факторов. Законы минимума и толерантности. Понятие о лимитирующем факторе

Несмотря на многообразие влияния экологических факторов можно выявить общий характер их воздействия на организм. При небольших значениях или при чрезмерном воздействии фактора жизненная активность организма заметно угнетается. Наиболее эффективно действие фактора не при минимальных или максимальных его значениях, а при некотором его значении, оптимальном для данного организма.

Существование и выносливость организма часто оказываются чувствительными к двум или большему числу факторов окружающей среды. В таких случаях решающее значение будет принадлежать такому фактору или ресурсу, который имеется в минимальном с точки зрения потребностей организма количестве. Эта идея легла в основу т.н. закона минимума, сформулированного немецким химиком Ю. Либихом (1840 г.): выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей: суть этого закона легко понять на таком примере. Величина урожая определяется количеством в почве того из элементов питания, потребность растения в котором удовлетворена меньше всего,

Scanned with CamScanner

т.е. данный элемент находится в минимальном количестве. Урожай будет возрастать пропорционально вносимым дозам до тех пор, пока не окажется в минимуме другое вещество. Выявление наиболее слабого звена цепи очень важно в экологическом прогнозировании, планировании и экспертизе проектов. Упомянутое правило позволяет рационально производить замену дефицитных веществ и воздействий на менее дефицитные, что важно, например, в процессе эксплуатации природных ресурсов, а также в сельском хозяйстве.

Позднее Ф. Блекманом было установлено, что не только минимальное, но и максимальное воздействие какого-либо фактора среды действует угнетающе на организмы.

Согласно ***закону лимитирующего фактора***, экологические факторы, присутствующие как в недостатке, так и в избытке (по отношению к оптимальным требованиям организма), ограничивают или прекращают его развитие и даже существование.

Впервые мысль об этом высказал американский ученый В. Шелфорд, которая легла в основу **закона толерантности**: *лимитирующим фактором вида может быть, как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору*.

Смысл закона толерантности очевиден: все хорошо в меру. Уточним, что лимитирующими факторами называются все факторы, уровень которых приближается к пределам выносливости организма или превышает их.

Согласно данному закону, каждый фактор характеризуется зоной оптимальных значений для данного вида организмов и имеет пределы положительного влияния. Приближение интенсивности действия фактора к критическим точкам – пределам выносливости, происходит угнетение жизнедеятельности организма (зона пессимума).

Диапазон действия или зона толерантности (выносливости), экологического фактора ограничен соответствующими крайними пороговыми значениями (точки минимума и максимума) данного фактора, при котором возможно существование организма (рис.4). Точка на оси абсцисс,

Scanned with CamScanner

которая соответствует наилучшему показателю жизнедеятельности организма, означает оптимальную величину фактора – точку оптимума. Так как определить оптимальное значение фактора с высокой точностью бывает трудно, поэтому говорят о диапазоне значений. Зона выносливости (толерантность) последнего – о зоне оптимума, или зоне комфорта. Таким образом, три точки (оптимума, минимума и максимума) составляют три кардинальные точки, которые определяют возможные реакции организма на данный фактор. Крайние участки кривой, выражающие состояние угнетения при недостатке или избытке фактора, называют зонами пессимума.

Закон толерантности (В. Шелфорд, 1913 г.)

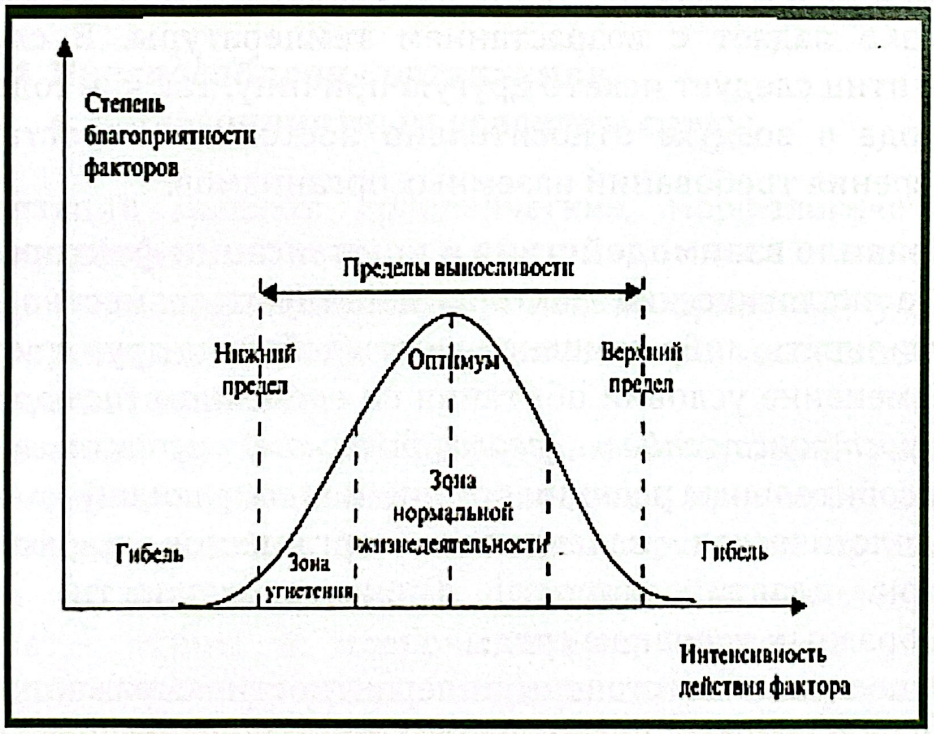


Рисунок 4. *Зона толерантности экологического фактора*

Рядом с критическими точками лежат сублетальные величины фактора, а за пределами зоны толерантности – летальные значения фактора, при которых наступает гибель организма. Условия среды, в которых какой-либо фактор (или совокупность факторов) выходит за пределы зоны комфорта и оказывает угнетающее действие, часто называют экстремальными.

Scanned with CamScanner

Таким образом, для организмов характерны экологический минимум и экологический максимум, они реагируют сходным образом на оба пессимальных значения фактора. Их выносливость к воздействиям в диапазоне между этими двумя величинами называют пределом толерантности вида.

Учение о лимитирующих факторах облегчает изучение сложных ситуаций во взаимоотношениях организмов и среды их обитания. При этом следует понимать, что не все факторы среды имеют одинаковое экологическое значение. Так, молекулярный кислород, являясь фактором физиологической необходимости для всех животных, с экологической точки зрения становится лимитирующим лишь в определенных местообитаниях. Если в водоеме гибнет рыба (особенно в жаркое время), то в первую очередь должна быть измерена концентрация кислорода в воде: она резко падает с возрастанием температуры. В случае же гибели птиц следует искать другую причину, так как содержание кислорода в воздухе относительно постоянно и достаточно с точки зрения требований наземных организмов.

Правило взаимодействия и компенсации факторов.

Все экологические факторы действуют совместно и могут либо усиливать, либо компенсировать действие друг друга.

Изменение условий обитания *во временном (историческом)* или *пространственном (географическом)* аспекте вызывает приспособительные реакции организма (*адаптации*).

Экологическая валентность организмов характеризует диапазон адаптированности (приспособленности) вида к разнообразным условиям среды.

Относительная степень толерантности выражается рядом терминов, в которых используются приставки «стено» – узкий, и «эври» – широкий. Так, эврибионтные и стенобионтные живые организмы – организмы соответственно широкой и узкой приспособленности. Примерами эврибионтных организмов являются волк, бурый медведь, тростник, способные жить в разнообразных условиях: стенобионтные – форель, живущая только в чистой проточной воде, глубоководные рыбы и др.

По отношению к конкретным факторам среды виды организмов подразделяют на: *эвритермные и стенотермные*, способные переносить значительные колебания температуры

Scanned with CamScanner

(песцы в тундре) или наоборот, требующие строго определенных значений температуры (тепловодные рачки); эвригидридные и стеногидридные, характеризующиеся противоположной реакцией на колебания *влажности;* эвригалинные и стеногалинные, обладающие разной адаптацией к степени засоления среды: *эврионкные и стеноонкные.* способные жить в разных местах и наоборот, предъявляющие жесткие требования к выбору местообитания.

Экологические валентности вида по отношению к разным факторам могут быть весьма разнообразными, что создает чрезвычайное многообразие адаптации в природе. Совокупность экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет экологический спектр вида.

2.1.4. Приспособление организмов к неблагоприятным условиям среды

Адаптации бывают поведенческие, морфологические и физиологические.

В процессе приспособления к неблагоприятным условиям среды организмы смогли выработать три основных пути нейтрализации последних.

Активный путь – это путь, способствующий усилению сопротивляемости, развитию регуляторных процессов, которые позволяют осуществить все жизненные функции организмов, несмотря на неблагоприятные факторы. Так, теплокровные животные – птицы и млекопитающие, обитая в условиях изменчивой температуры, поддерживают внутри себя постоянную температуру, которая оптимальна для биохимических процессов в клетках тела. Вполне очевидно, что такое активное сопротивление влиянию внешней среды требует больших затрат энергии, которую им надо постоянно восполнять, а также специальных приспособлений во внешнем и внутреннем строении организмов.

Пассивный связан с подчинением жизненных функций организма изменению факторов среды. Так, при недостатке тепла это приводит к угнетению жизнедеятельности и понижению уровня метаболизма, что способствует экономному

Scanned with CamScanner

использованию энергетических запасов. При резком ухудшении условий среды организмы разных видов могут приостанавливать свою жизнедеятельность и переходить в состояние т.н. *скрытой жизни.* Например, некоторые мелкие организмы могут полностью высыхать на воздухе, а затем возвращаться к активной жизни после пребывания в воде. Это состояние мнимой смерти называется *анабиозом.* Переход в состояние глубокого анабиоза, при котором практически полностью останавливается обмен веществ, существенно расширяет возможности выживания организмов в самых экстремальных условиях. Известно, что высушенные семена и споры растений, а также некоторые мелкие животные (коловратки, нематоды) способны выдержать температуры ниже – 200°С. Примерами скрытой жизни могут быть оцепенение насекомых, зимний покой растений, спячка позвоночных животных, сохранение семян и спор в почве, а мелких существ – в пересыхающих водоемах. Некоторые бактерии, в т. ч. и болезнетворные, многие годы могут находиться в неактивном состоянии, пока не возникнут благоприятные условия для их «пробуждения» и последующего размножения. Явление, при котором имеет место временный физиологический покой в индивидуальном развитии некоторых животных и растений, обусловленный неблагоприятными факторами внешней среды, называется *диапаузой.* Избегание неблагоприятных воздействий – это выработка организмом таких жизненных циклов, при которых наиболее уязвимые стадии его развития завершаются в самые благоприятные по температурным и другим условиям периоды года. Обычный для животных путь приспособления к неблагоприятным периодам – *миграция.* Так, сайгаки ежегодно уходят на зиму в малоснежные южные полупустыни, где зимние травы в связи с сухостью климата более питательны и доступны. Однако летом травостои полупустынь быстро выгорают, поэтому на период размножения сайгаки переходят в более влажные северные степи. Наиболее часто приспособление вида к среде осуществляется определенным сочетанием всех трех возможных путей адаптации. Рассмотрим примеры адаптации к тем или иным факторам среды.

Scanned with CamScanner

Морфологические адаптации. Это наличие таких особенностей внешнего строения, которые способствуют выживанию и успешной жизнедеятельности организмов в обычных для них условиях. Это, в частности, приспособления к скоростному плаванию китообразных, к парению в воде планктонных организмов. Растения, обитающие в пустыне, лишены листьев и их строение наилучшим образом приспособлено к минимальным потерям влаги. Морфологический тип приспособления животного или растения, при котором они имеют внешнюю форму, отражающую способ взаимодействия со средой обитания, называют *жизненной формой* вида. При этом разные виды могут иметь сходную жизненную форму, если ведут близкий образ жизни. Примером могут быть кит (млекопитающее), пингвин (птица) и акула (рыба).

Физиологические адаптации проявляются, например, в особенностях ферментативного набора в пищеварительном тракте животных, определяемого составом пищи. Так, верблюд способен обеспечивать свои потребности во влаге путем биохимического окисления собственного жира.

Поведенческие адаптации проявляются в самых различных формах. Примерами могут служить формы приспособительного поведения животных, направленные на обеспечение нормального теплообмена с окружающей средой: создание убежищ, передвижение с целью выбора оптимальных температурных условий, особенно в условиях экстремальных (очень высоких или очень низких) температур. Известны суточные и сезонные кочевки млекопитающих и птиц. Приспособительное поведение может проявляться у хищников в процессе выслеживания и преследования добычи, а у жертв в определенных ответных реакциях (например, затаивание).

Взаимодействие экологических факторов

Все экологические факторы среды обитания действуют на организм совместно. При этом оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к какому-либо фактору могут смещаться в зависимости от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы. Эта закономерность носит название взаимодействия факторов. Так,

Scanned with CamScanner

например, в мороз животные могут погибать при отсутствии пищи и относительно нормально себя чувствовать при ее достатке. Жару легче переносить в сухом, а не во влажном воздухе. Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими оказывает неодинаковое воздействие.

Напротив, один и тот же экологический результат может быть получен разными путями. Например, увядание растений можно приостановить либо путем увеличения влаги в почве (полив), либо снижением температуры воздуха, уменьшающего скорость испарения. Таким образом, создается эффект частичного взаимозамещения факторов или эффект компенсации. Именно благодаря последнему в Заполярье удается получать урожаи капусты, которые не уступают урожаям из средней полосы России. Недостаток тепла восполняется здесь избытком световой энергии при долгом летнем полярном дне. Однако взаимная компенсация действия факторов среды имеет определенные пределы и полностью заменить один из них другим нельзя. Например, исключение бора или тем более воды из рациона питания растения делает его жизнь невозможной, несмотря на самые благоприятные сочетания других условий. Значение отдельных экологических факторов в комплексном действии среды неравноценно. Поэтому среди последних выделяют *ведущие* (главные) экологические факторы и второстепенные (сопутствующие). В качестве ведущих выступают те факторы, которые необходимы для жизнедеятельности организма. Для разных видов требуются обычно различные ведущие факторы, даже если организмы живут в одном месте. В то же время следует отметить, что в разные периоды развития организма имеет место смена ведущих факторов, что особенно характерно для растений. Так, для эфемероидов (например, осоки) в период цветения ведущим фактором является свет, а в период формирования семян – достаток во влаге и минеральных веществах.

В сельскохозяйственной практике при учете закономерностей взаимодействия экологических факторов можно поддерживать оптимальные условия для выращивания культурных растений и домашних животных. Огромную роль играет взаимодействие биотических и абиотических факторов.

Scanned with CamScanner

Следует помнить, что конечное состояние любого организма или системы организмов – это всегда результат многочисленных взаимодействий различных абиотических и биотических условий.

Рассмотрим правомочность подразделения экологических факторов на «вредные» и «полезные». Все зависит от того, в каких дозах берется тот или иной фактор, в каких сочетаниях. Так, если он берется в чистом виде, то переход от благоприятного действия к вредному происходит очень быстро, при сравнительно небольших дозах. Но если тот же фактор берется в сочетании с другими одновременно действующими факторами, то отрицательное действие возникает гораздо позже, при очень больших количествах. Например, химически чистая поваренная соль ядовита уже при небольших дозах, но в смеси с другими солями она может быть безвредной. При этом необходимо учитывать, что, если разнородные факторы имеют общую направленность и общий фокус действия, они могут и взаимно усиливать отрицательные воздействия друг на друга. В частности, при повреждении дерева каким-либо вредителем, если оно ранее было отравлено ядохимикатом, то указанные факторы не ослабляют, а напротив, усиливают взаимно вредное влияние, вплоть до гибели дерева.

2.2. ЭЛЕМЕНТЫ ЭКОЛОГИИ ПОПУЛЯЦИЙ (ДЕМЭКОЛОГИЯ)

2.2.1. Понятие о популяции. Демэкология

Индивиды любого вида живых организмов представлены в природной среде не изолированными друг от друга, а только их определённым образом организованными совокупностями – правило объединения в популяции, сформулированное С.С. Четвериковым в 1903 г.

Популяция (население – лат.) – это совокупность особей определенного вида, занимающая одну территорию в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений), внутри которого осуществляется та или иная степень панмиксии и обычно в той или иной степени изолированная от других сходных групп.

Scanned with CamScanner

Термин впервые использовал в 1903 г. датский генетик Иоганзен, чтобы обозначить группу сходных по набору генов особей.

Главные критерий выделения популяции – способность к свободному обмену генетической информацией – панмиксия.

Выделяют 3 категории популяций:

1. ***Географические популяции*** – занимают территорию обширных географических зон, но сохраняют способность к панмиксии. Характеризуются общностью приспособлений к климату и ландшафту.
2. ***Экологические*** – населяют определенный биотоп;
3. ***Элементарные*** *(локальные)* – населяют часть биотопа (например, опушечные популяции, «парцеллярные»).

Популяция характеризуется следующими основными свойствами:

- *популяция представляет собой форму существования вида;*
- *целостность (территориальная общность, генотипическая и фенотипическая общность);*
- *разнокачественность особей в популяции;*
- *саморегуляция.*

Возрастная структура популяции – определенное соотношение возрастных групп и генераций популяции (генерации – особи, родившиеся в разные сезоны).

Возраст особи принято делить на стадии:

- ***предрепродуктивный*** *(виргильный);*
- ***репродуктивный*** *(генеративный);*
- ***пострепродуктивный*** *(сенильный).*

У растений: проростки, ювенильные, имматурные, виргильные, молодые генеративные, средневозрастные генеративные, старые генеративные, субсенильные, сенильные, отмирающие. Выделяют также латентный период (семена).

Половая структура популяции – соотношение особей мужского и женского пола.

Значение половой структуры:

- *биологическое,* связанное с рекомбинацией генетической информации;
- *адаптационное*, связанное с разнокачественностью

Scanned with CamScanner

особей мужского и женского пола на биохимическом, физиологическом уровне;

- *разделение ролей* в обеспечении выживаемости молодняка.

Любой вид организмов приспосабливается к постоянно изменяющимся условиям существования и утверждает себя во внешней, часто неблагоприятной, среде не индивидуально и даже не как простая сумма особей, а в форме определенных и своеобразных группировок организмов. Последние представляют собой единое функциональное целое – популяцию. Согласно академику С.С. Шварцу, популяция – это элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды.

Популяция обладает общим генофондом и занимает определенную территорию. Важно подчеркнуть, что с позиций современной экологии популяцию рассматривают как элементарную единицу процесса микроэволюции, поскольку она обладает уникальным и важнейшим для поддержания жизни вида в течение длительного периода качеством – способностью к перестройке своего генофонда в ответ на изменение экологических факторов среды обитания.

У особей популяции формируются адаптации, соответствующие условиям той местности, где они обитают. Поэтому, популяция представляет собой развивающуюся единицу, причем важнейшую в экологическом понимании. Она может существовать длительное время в регионе при наличии подходящего климата, питательных веществ и источника энергии, входя в состав пищевой сети, характерной для этой области экосистемы. Таким образом, популяция обладает не только самостоятельной эволюционной судьбой, но и является основным биотическим, т.е. живым элементом экосистем.

Основным свойством популяции является ее беспрерывное изменение, движение, динамика, что сильно влияет на структурно-функциональную организованность, продуктивность, биологическое разнообразие и устойчивость системы. Особи одной популяции оказывают друг на друга не меньшее

Scanned with CamScanner

воздействие, чем абиотические факторы среды или другие обитающие совместно виды организмов. Специфические же внутривидовые связи – это отношения, связанные с воспроизводством: между особями разных полов и между родительскими и дочерними поколениями. Важно подчеркнуть: во всех случаях в популяциях действуют законы, позволяющие таким образом использовать ограниченные ресурсы среды, чтобы обеспечить оставление потомства. Это является генетической целью популяции.

Таким образом, популяционный уровень занимает особое место в системе организации живого вещества, так как популяция есть не что иное, как первая надорганизменная биологическая макросистема.

Как следствие, зародилось и успешно функционирует целое научное направление – **демэкология** (от греч. *(demos* – народ), рассматриваемое как раздел общей экологии, изучающий структурные и функциональные характеристики, динамику численности популяции, внутрипопуляционные группировки и их взаимоотношения, выясняющий условия, при которых формируются популяции и др. При этом биотические взаимоотношения являются для *демэкологии* приоритетной проблемой.

2.2.2. Специфические показатели популяций

Являясь групповыми объединениями особей, популяции обладают рядом специфических показателей, которые не присущи каждой отдельно взятой особи. При этом выделяют две группы количественных показателей – статические и динамические. Состояние популяции на данный момент времени характеризуют ***статические показатели***. К ним относятся следующие показатели: численность и плотность.

Численность – общее количество особей на выделяемой территории или в данном объеме. Этот показатель популяции никогда не бывает постоянным, он зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности.

Плотность популяции – среднее число особей (или биомассы) на единицу площади или объема занимаемого популяцией пространства. Плотность популяции также

Scanned with CamScanner

изменчива, она зависит от численности. В случае возрастания последней плотность популяции не увеличивается лишь в том случае, если возможно ее расселение, т. е. расширение ареала обитания.

Динамические показатели популяции включают рождаемость, смертность, прирост и темп роста популяции.

Рождаемость (плодовитость) – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения. Живые организмы обладают огромной способностью к размножению. Она характеризуется биотическим потенциалом, представляющим собой скорость, с которой при беспрерывном размножении (возможном только теоретически при идеальных экологических условиях существования) особи определенного вида могут покрыть земной шар равномерным слоем. Этот важнейший, хотя и условный, показатель имеет самые различные значения. Так, для слонов он составляет 0,3 м/с, а для некоторых микроорганизмов – сотни метров в секунду. Удивительный факт: один одуванчик менее чем за 10 лет способен заселить своими потомками земную поверхность, если все семена прорастут (Р. Дажо, 1975). На практике такая потенциально громадная плодовитость никогда не реализуется.

Смертность популяции – число погибших в популяции особей в определенный отрезок времени. Подобно плодовитости смертность изменяется в зависимости от условий среды обитания, возраста и состояния популяции; смертность выражается в % к начальной или чаще к средней величине ее.

Прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью: прирост может быть положительным, нулевым и отрицательным.

Темп роста популяции – средний прирост ее за единицу времени.

Сумма статистических сведений о структуре популяции – численности, плотности населения, возрастном и половом составе – называется *биологической демографией*.

Территориальная иерархия популяций. Понятие вида.

В экологии достаточно широкое распространение получила концепция иерархии (соподчиненности) популяций в зависимости от размеров занимаемой ими территории.

Scanned with CamScanner

Н.П. Наумов, например, ввел понятия элементарной, экологической и географической популяции, которые, в свою очередь, входят в ареал вида.

Элементарная (локальная) популяция является совокупностью особей того или иного вида (например, белки), которая занимает какой-то небольшой участок однородной по условиям обитания площади. Очевидно, что число элементарных популяций в первую очередь определяется степенью разнородности условий среды обилия, при этом, чем они разнообразнее, тем большее число элементарных популяций можно выделить и, наоборот. Совокупность элементарных популяций формирует более крупную экологическую популяцию. Составляющие ее элементарные популяции весьма слабо изолированы друг от друга, между ними может происходить довольно часто обмен генетической информацией. Но все же существенно реже, нежели между элементарными популяциями. Характерным примером служит белка, которая обитает в различных типах леса. Вследствие этого можно достаточно четко выделить «сосновые», «сосново-пихтовые» и другие экологические популяции белки.

Экологические популяции, слагаясь, образуют географические популяции. Последние включают группу особей, которые заселяют территорию с географически однородными условиями существования (тундра, тайга) и отличаются общностью приспособлений к климату и ландшафту. Следует отметить, что географические популяции довольно заметно разграничены и изолированы. Как правило, они могут отличаться рядом экологических, физиологических, поведенческих и других особенностей, а также плодовитостью и даже размерами особей. Укажем, что чем ниже ранг популяций, тем более тесна связь между соседними популяциями, больше степень обмена особями и, естественно, менее выражены отличительные особенности. Раздробление же вида на множество мелких территориальных группировок есть не что иное, как проявление присущего популяции процесса приспособления к огромному разнообразию местных условий. Благодаря этому увеличивается генетическое многообразие вида и обогащается его генофонд, что способствует длительному

Scanned with CamScanner

существованию вида в постоянно изменяющихся условиях среды.

Ареал вида (по Н.Ф. Реймерсу, 1990) – это область географического распространения (территория или акватория) особей рассматриваемого вида вне зависимости от степени постоянства их обитания в данной местности, но исключая места случайного попадания (заноса, залета, захода, заплыва и т.п.) в соседние регионы. Это одна из фундаментальных экологических характеристик популяции. Протяженность популяционного ареала определяется биологией вида, особенно радиусом его индивидуальной активности перемещения.

Так, популяции видов относительно крупных животных (рыб, млекопитающих, птиц и др.), которые могут преодолевать большие пространства, имеют больший ареал по сравнению с популяциями видов мелких животных с ограниченной подвижностью. Ареал способен пульсировать, т.к. он может расширяться или сокращаться даже в связи с сезоном года; существенное расширение границ ареала вида наблюдается при миграции и территориальной экспансии входящих в нее особей (наглядный пример здесь – способность огромных стай саранчи преодолевать тысячи км). В то же время в процессе освоения нового пространства и необходимости (подчас вынужденной) приспособления к новым экологическим условиям происходит формирование новых популяций. Это имело место, например, в Австралии, куда в целях охоты, завезли из Европы кроликов, которые в результате интенсивного размножения образовали новую популяцию. Отталкиваясь от полученной информации, легче понять, что такое вид: это сложная биологическая система, которая состоит из группировок организмов популяций, обладающих характерными особенностями строения, физиологии и поведения.

Итак, популяция может быть охарактеризована как внутривидовая группировка особей, конкретная форма существования вида, обладающая определенными количественными и качественными показателями. Популяция является генетической единицей вида: ее изменения обусловливают эволюцию данного вида.

Scanned with CamScanner

2.2.3. Структура популяции

Распределение особей по территории, соотношение групп особей по полу, возрасту, морфологическим, физиологическим, поведенческим и генетическим особенностям отражают соответствующую структуру популяции: пространственную, половую, возрастную и т.д. Структура формируется, с одной стороны, на основе общих биологических свойств видов, а с другой – под влиянием абиотических факторов среды и популяций других видов. Поэтому важно подчеркнуть: структура популяции имеет откровенно приспособительный характер.

Возрастная и половая структуры популяции. Возрастная структура популяции, т.е. соотношение в ней разных возрастных групп, определяется особенностями жизненного цикла вида и внешними условиями.

Как было упомянуто ранее, в любой популяции можно условно выделить три экологические группы: *предрепродуктивную, репродуктивную, пострепродуктивную.*

К ***предрепродуктивной*** относится группа особей, возраст которых не обеспечивает способности к воспроизведению; ***репродуктивная*** группа, способная воспроизводить новые особи; наконец, ***пострепродуктивная*** – особи, которые по ряду причин утратили способность участвовать в воспроизведении новых поколений. По отношению к общей продолжительности жизни длительность этих возрастных периодов сильно меняется у разных видов. Для человека эти три периода по длительности приблизительно одинаковы.

Имеются виды с очень простой возрастной структурой популяций, которые состоят практически из представителей одного возраста. Так, все однолетние растения весной находятся в проростках, затем почти одновременно зацветают, дают семена и к осени отмирают. Уязвимость таких популяций крайне высока: если в период развития наступают, например, заморозки, происходит массовая гибель особей. Напротив, в благоприятной ситуации такая популяция может дать взрыв численности (саранча, грызуны).

В популяции со сложной возрастной структурой представлены все возрастные группы, одновременно живут несколько поколений. Так, в стадах слонов, например, есть и

Scanned with CamScanner

новорожденные, и подростки, и молодые крепнущие животные, и способные к размножению самцы и самки, и старые особи. Такие популяции не подвержены резким колебаниям численности. Экстремальные внешние условия могут изменить их возрастной состав за счет гибели наиболее слабых, но самые устойчивые возрастные группы выживают и затем восстанавливают структуру популяции.

Половые группировки внутри популяций формируются на базе различной морфологии (формы и строения тела) и экологии различных полов. Отличие самцов от самок затрагивает не только строение и функцию половой системы, но и морфологию в целом (рога у самцов и отсутствие их у самок; крылатые самцы и бескрылые самки у некоторых насекомых, яркое оперение самцов и скромное у самок и т.д.). Часто встречается различие самцов и самок по характеру и виду пищи. Так, у многих комариных самцы питаются нектаром или соком растений, а самки — кровью жертв. Разный пищевой рацион самцов и самок имеет место у ряда млекопитающих, птиц, рыб. Соотношение возрастных и половых групп, которые можно отнести к статическим показателям популяции, определяет многое в общей неспособности и темпах роста популяции, является важной характеристикой ее структуры. Тщательный и постоянный анализ возрастного и полового состава популяций – главное условие для прогнозирования численности тех видов, которые человечество использует в дикой природе или с которыми вынуждено бороться.

Пространственная структура популяций. Пространство, которое занимает популяция, дает ей необходимые для жизни условия. Однако каждая конкретная территория способна прокормить лишь определенное число особей. При этом очевидно, что на степень использования доступных природных ресурсов влияет не только общая численность популяции, но и размещение особей в пространстве. Изредка в природе встречается почти равномерное упорядоченное распределение особей на занимаемой территории, например, в чистых зарослях некоторых растений.

Однако в силу неоднородности занимаемого пространства, а также некоторых особенностей биологии видов чаще всего

Scanned with CamScanner

члены популяции распределяются в пространстве неравномерно. При этом существуют два крайних варианта неравномерного размещения членов популяции:

1) четко выраженная мозаичность с незанятым пространством между отдельными скоплениями особей (например, гнездовья грачей в рощах или парках);

2) распределение случайного, диффузного типа, когда члены популяции более или менее независимы друг от друга и обитают в относительно однородной для них среде (например, размещение мучных хрущаков в муке). Отметим, что между указанными вариантами неравномерного размещения существует множество переходов. В то же время тип распределения в занимаемом пространстве в каждом конкретном случае оказывается приспособительным, поскольку позволяет оптимально использовать имеющиеся природные ресурсы, особенно пищевые.

2.2.4. Этологическая структура популяции

Систему взаимоотношений между членами одной популяции называют этологической или поведенческой структурой популяции. Формы совместного существования особей в популяции весьма различны. Ниже рассмотрены наиболее характерные.

Одиночный образ жизни характерен для многих видов (например, ежи, сомы, щуки и т.д.), но лишь на определенных стадиях жизненного цикла. Поэтому, абсолютно одиночного существования организмов в природе не встречается, иначе погибли бы соответствующие популяции.

Проживание в группе себе подобных отражается на протекании многих физиологических процессов в организме животного. У искусственно изолированных особей заметно меняется уровень метаболизма (обмена веществ), быстрее тратятся резервные вещества, не проявляется целый ряд инстинктов и ухудшается общая жизнеспособность. Под эффектом группы понимают оптимизацию физиологических процессов, ведущую к повышению жизнеспособности особей при их совместном существовании. Эффект группы проявляется как

Scanned with CamScanner

реакция отдельной особи на присутствие других особей своего вида. Так, у овец вне стада резко учащаются пульс и дыхание, а при виде приближающегося стада эти процессы нормализуются, и овца успокаивается. Известно также, что для выживания африканских слонов стадо должно состоять, по крайней мере, из 25 особей. Эффект группы состоит также и в ускорении темпов роста животных, повышении плодовитости, более быстром образовании условных рефлексов, повышении средней продолжительности жизни индивидуума.

Всё изложенное, позволяет понять, почему предъявляются повышенные требования при формировании групп космонавтов, отрядов специального назначения, экипажей, которые должны длительно находиться в замкнутом пространстве, либо длительно общаться друг с другом. При удачном подборе в таком коллективе явно проявляется «эффект группы» и он успешно справляется с поставленной задачей.

Семейный образ жизни резко усиливает связи между родителями и их потомством. Известное проявление этого – забота одного из родителей об отложенных яйцах или кормление самцом самки. При этом заботы о птенцах продолжаются до поднятия их на крыло, а у ряда крупных млекопитающих (медведей, тигров) детеныши воспитываются в семейных группах в течение нескольких лет, до наступления их половой зрелости. При семейном образе жизни территориальное поведение животных выражено наиболее ярко. Различные сигналы, маркировка, ритуальные формы угрозы и даже прямая угроза (часто и самцом, и самкой) обеспечивают владение участком, размеры и пищевая емкость которого достаточны для выкармливания потомства.

Колония. Будучи групповым поселением оседлых животных, она может существовать как длительно, так и возникать лишь на период размножения (грачи, чайки, гагары и т.п.).

Значительно более сложная форма колонии – поселения животных, в которых отдельные их жизненные функции выполняются сообща. Это, в свою очередь, повышает вероятность выживания отдельных особей. Так, тревога, поднятая любой заметившей хищника птицей, мобилизует

Scanned with CamScanner

остальных и им, сообща, удается его отогнать. Некоторые общественные насекомые – пчёлы, муравьи, термиты организуют весьма сложные колонии – семьи. Здесь насекомые выполняют сообща много основных функций: защиты, размножения, обеспечения кормом себя и потомства, строительства и т. п., для чего осуществляют обязательное разделение труда и специализацию отдельных особей, в том числе разных возрастных групп. При этом члены колонии постоянно обмениваются информацией друг с другом.

Стая. Это временное объединение животных одного вида (насекомых, птиц, рыб, реже млекопитающих и др.), связанное с общностью места обитания или размножения. Стайность облегчает выполнение каких-либо функций в жизни вида, например, зашиты от врагов, добычи пищи, миграции. Так, волчьи стаи образуются зимой для групповой охоты. В этом случае зверям удается справиться с крупными копытными (например, взрослым лосем), охота на которых в одиночку часто заканчивается гибелью самого хищника. В процессе групповой охоты вожак стаи «организует» засады, захват жертвы в кольцо и другие действия, что требует согласованности и координации действий всех членов стаи.

Стадо – это группа диких или домашних животных одного вида, обитающая на какой-либо территории (например, стадо оленей) или акватории. В стаде осуществляются все основные функции жизни: добывание корма, защита от хищников, миграции, размножение, воспитание молодняка и т.п. При этом основу группового поведения животных в стадах составляют взаимоотношения доминирования (главенства) – подчинения, которые обусловлены индивидуальными различиями между особями. Осуществив своеобразную «расстановку сил», животные уже не тратят лишней энергии на конфликты между отдельными особями, а группа в целом получает преимущества, подчиняясь наиболее сильным и опытным индивидуумам.

Динамика популяции. Процессы изменений основных биологических показателей популяции во времени составляют ее динамику. При этом особое значение в изучении динамики популяции придается изменениям численности особей, биомассы и популяционной структуры. Динамика популяции –

Scanned with CamScanner

одно из наиболее значимых биологических и экологических явлений. Образно говоря, жизнь популяции проявляется и в ее динамике. Любая популяция способна (теоретически) к неограниченному росту численности, если её не лимитируют факторы внешней среды (абиотического – это прежде всего климат и биотического – конкуренция, хищники, паразиты, болезни происхождения). В таком случае, конечно, гипотетическом, скорость роста популяции будет определяться величиной биотического или репродуктивного потенциала. Эта динамика описывается уравнением А. Лотки (рис. 5):

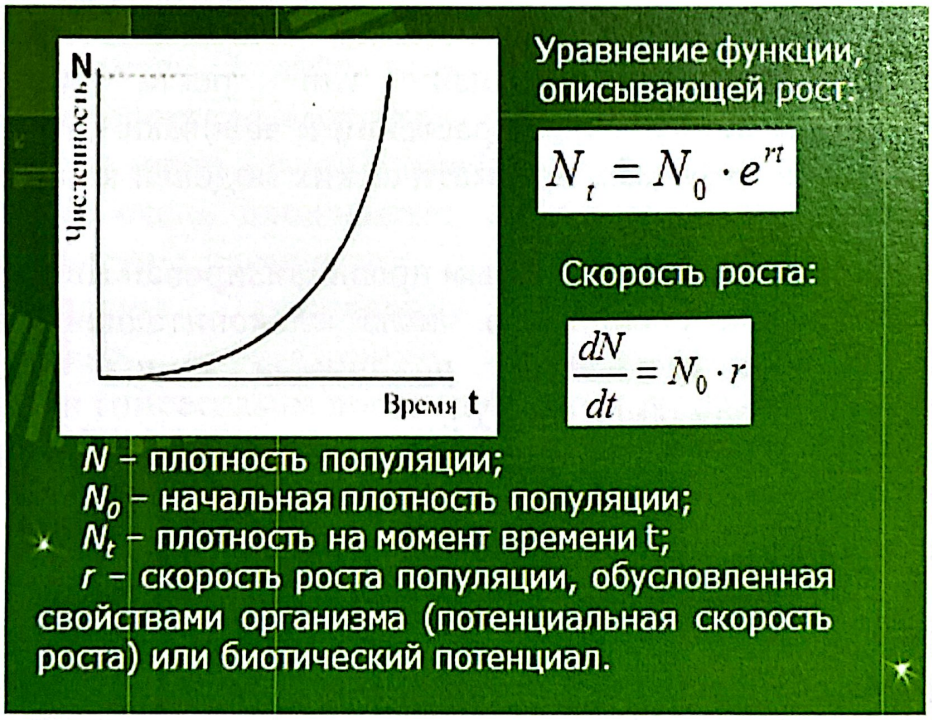


Рисунок 5. *Уравнение А. Лотки*

Значение биотического потенциала чрезвычайно различно у разных видов. Так, самка косули способна произвести за жизнь 10-15 козлят, а луна-рыба откладывает до 3 млрд. икринок. В природе, однако, рост численности популяций любого вида никогда не бывает бесконечным, поскольку ресурсы, за счет которых существуют виды, на любой территории имеют пределы. Эти пределы называют емкостью среды (К) для конкретных популяций. Например, еловый лес – более емкая среда для белок, нежели смешанный с березами, поскольку основная пища этих зверьков – семена шишек.

Scanned with CamScanner

Модель динамики численности популяции при ограниченных (лимитированных) ресурсах предложили Р. Пирл и А. Ферхюльст. В общем виде их уравнение записывается так:

$$dN/dt = r(K - N/K),$$

где, выражение – K-N характеризует т.н. сопротивление среды. Под этим термином понимают совокупность всех «ограничителей» роста популяции: неоптимальная температура, кислотность, соленость, влажность, присутствие хищников, паразитов, нехватка пищи и т.п.

Уравнение Пирла–Ферхюльста описывает наиболее реальный и универсальный тип роста популяций микроорганизмов, животных, растений и человека. Оно лежит в основе практически всех математических моделей конкуренции, хищничества, симбиоза.

В 40-х годах С.А. Северцовым проанализирован многолетний ход численности у большого числа млекопитающих и птиц. Оказалось, что существуют ***различные типы динамики численности популяций*** (рис. 6).

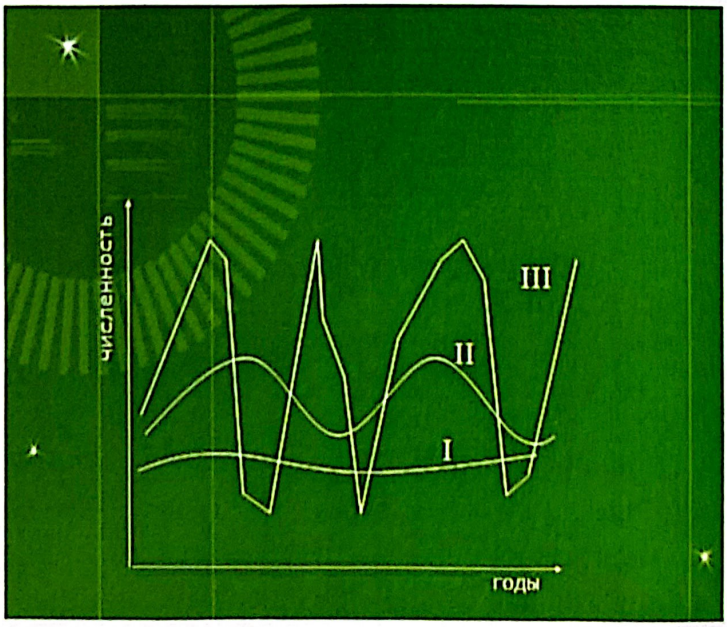


Рисунок 6. *Типы динамики численности популяций: 1 – стабильный тип, 2 – лабильный тип, 3 – эфемерный тип*

Scanned with CamScanner

I. Стабильный тип: малая амплитуда и длительный период колебаний численности (10-20 лет). Характерно для крупных животных с большой продолжительностью жизни, низкой плодовитостью и высоким уровнем адаптации (китообразные, копытные, крупные рептилии).

II. Лабильный тип: более высокая амплитуда периода 5-11 лет. Характерен для животных с меньшими размерами, меньшей продолжительностью жизни. Норма смертности таких животных выше, обилие повышается в периоды размножения. Примером могут быть крупные грызуны, зайцеобразные, некоторые хищники, птицы, рыбы, насекомые с длительным циклом развития.

III. Эфемерный тип: вспышки рождаемости сменяются периодами депрессии, амплитуда очень высокая. Длина цикла до 4-5 лет. Характерно для короткоживущих видов с несовершенной адаптацией, очень плодовитых, но и с высокой смертностью (мелкие грызуны, насекомые).

Гомеостаз популяции. Способность популяции поддерживать определенную численность своих особей называется гомеостазом популяции. В основе этого важнейшего, *эволюционно приобретенного свойства* лежат изменения физиологических особенностей, роста, поведения каждой особи в ответ на увеличение или уменьшение числа членов популяции, к которой эта особь принадлежит.

Механизмы популяционного гомеостаза определяются экологической спецификой вида, его подвижностью, степенью воздействия хищников, паразитов и др. У одних видов они могут проявляться в жесткой форме, что приводит к гибели избытка особей, у других – в смягченной, например, в понижении плодовитости на основе условных рефлексов. Примером жестких форм внутривидовой конкуренции может служить явление самоизреживания у растений: при чрезмерной густоте всходов часть растений неминуемо погибает из-за угнетения физиологически более сильными соседями. Гомеостаз животных, регулируемый доступностью пищевых ресурсов, приводит к возникновению т.н. *отрицательной обратной связи:* повышение плотности популяции усиливает действие механизмов, снижающих эту плотность.

Scanned with CamScanner

Любопытно, что среди механизмов, которые задерживают рост популяций, у многих видов существенное значение имеют химические взаимодействия особей. Так, крупные головастики, выделяя в воду частицы белковой природы, способны тем самым задерживать рост других, более мелких головастиков. При этом одна крупная особь может задержать рост всех других в 75-литровом аквариуме.

Вышеприведенные примеры взаимодействия между членами популяции (от «жестких» форм – прямого уничтожения одной особью другой – до снижения воспроизводительных способностей как условного рефлекса на повышение частоты контактов) есть разные формы ограничения роста популяций. Такие тормозящие механизмы включаются с тем, чтобы не допустить полного истощения ресурсов среды; это ответ на появление сигналов, свидетельствующих об угрозе перенаселения.

Итак, можно утверждать, что регуляция численности видов в природе обеспечивается, как правило, множественными связями. Удобно проследить это на примере насекомых. При умеренных темпах размножения численность популяции сдерживается многоядными хищниками (птицами, пауками, другими насекомыми и т.д.). Однако с увеличением скорости роста, когда вышеуказанные хищники-регуляторы уже не успевают выедать прирост, возрастает влияние специализированных по видам паразитов и наездников, которым при повышении численности хозяев легче находить их яйца и личинок. Когда и паразиты «не успевают» за бурным размножением популяции, создается в конечном итоге такая высокая плотность, при которой резко возрастает вероятность распространения инфекционных заболеваний. При еще более высокой плотности вступает в силу внутривидовая конкуренция, которая может принять крайне острый характер, вплоть до взаимного уничтожения. Вышеизложенное говорит о том, что популяции присуще важнейшее свойство – саморегуляция. Она осуществляется действующими в природе двумя взаимно уравновешивающимися силами: способностью к размножению и зависящей от плотности популяции реакции, напротив, ограничивающей воспроизводство.

Scanned with CamScanner

2.3. СИНЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИИ СООБЩЕСТВ ПОПУЛЯЦИЙ

2.3.1. Элементы экологии сообществ

Любой организм проводит всю свою жизнь среди множества других живых существ. Вступая с ними в самые разнообразные отношения, он в конечном итоге не способен существовать без этого живого окружения, где связи с другими организмами обеспечивают ему нормальные условия жизнедеятельности. Таким образом, многообразные живые организмы сочетаются не произвольно, а образуют определенные сообщества, в которые входят приспособленные к совместному обитанию виды.

Биоценоз, биотоп и биогеоценоз.

Организованная группа взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, живущие совместно в практически одних и тех же условиях среды, называется биоценозом (от греч. bios – жизнь, koinos – общий).

Биоценоз – исторически сложившиеся группировки живого населения биосферы, заселяющие общие места обитания, возникшие на основе биогенного круговорота и обеспечивающие его в конкретных природных условиях.

Абиотическая среда, формирующая условия существования биоценоза – это **экотоп**.

Биоценоз + Экотоп = Биогеоценоз (экосистема) (рис. 7).

Однако важно подчеркнуть, что всех их следует рассматривать как биологические единства разных типов и уровней. Размеры биоценотических группировок весьма различны: это и небольшие сообщества подушек лишайников на стволах деревьев или гниющий пень, но это и население целых ландшафтов, например, степей, лесов, пустынь и др. Часто сообщества не имеют четких границ, неуловимо переходя одно в другое. Часть экологии та, которая исследует закономерности сложения сообществ и совместной жизни в них живых организмов, называется синэкологией или биоценологией.

Scanned with CamScanner

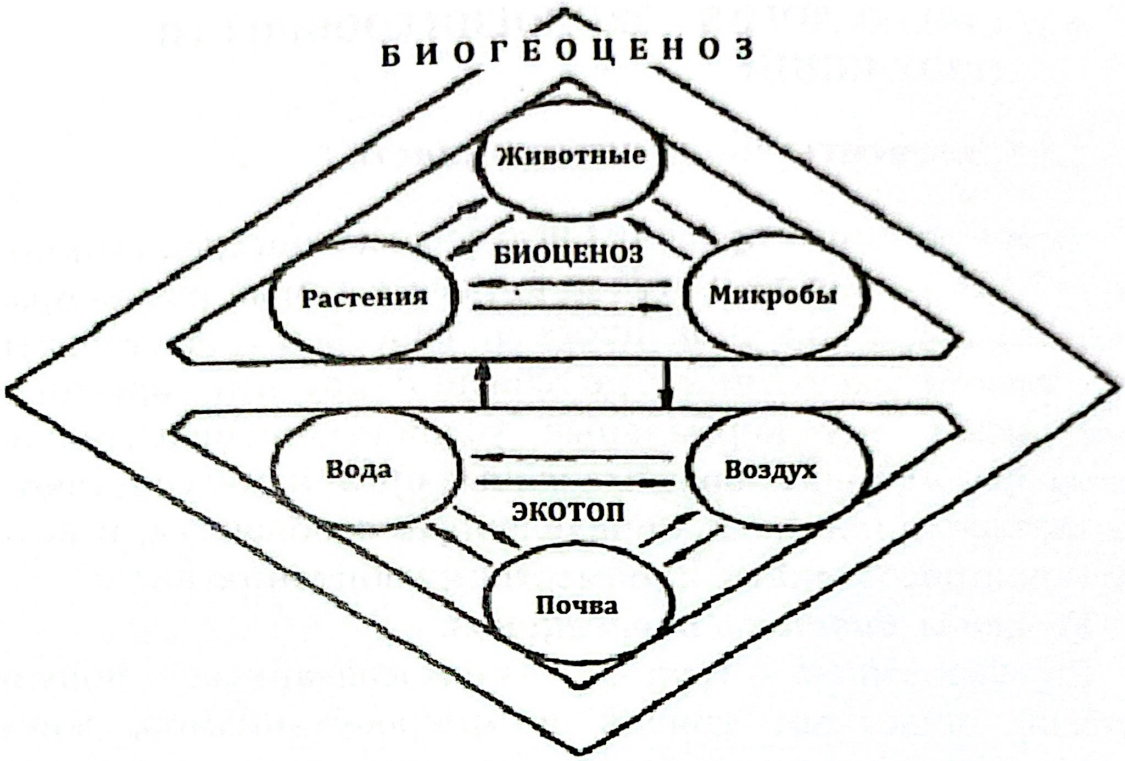


Рисунок 7. Схема взаимосвязи в биосфере

Пространство с более или менее однородными условиями, которое занимает биоценоз, носит название ***биотопа*** (topos – место). Так как биотоп есть место обитания или место существования биоценоза, последний является исторически сложившимся комплексом организмов, характерным для какого-то конкретного биотопа. Потому, что биоценоз невозможно оторвать от биотопа, они вместе образуют биологическую макросистему еще более высокого ранга – ***биогеоценоз***.

Биогеоценозу присущи специфика взаимодействий слагающих его компонентов, их особая структура и определенный тип обмена веществ и энергии между собой и с другими субъектами природной среды (рис. 8).

Отличаясь размерами, биогеоценозы характеризуются и большой сложностью. Это и небольшой водоем, пруд, но это и лес, озеро, луг и т.д. Живые компоненты любого биогеоценоза, как было упомянуто ранее, можно разделить на три части:

1) ***продуценты*** – производители первичной продукции (зеленые растения):
2) ***консументы*** – первичные (растительноядные) животные, вторичные (плотоядные) животные и т. д.;

Scanned with CamScanner

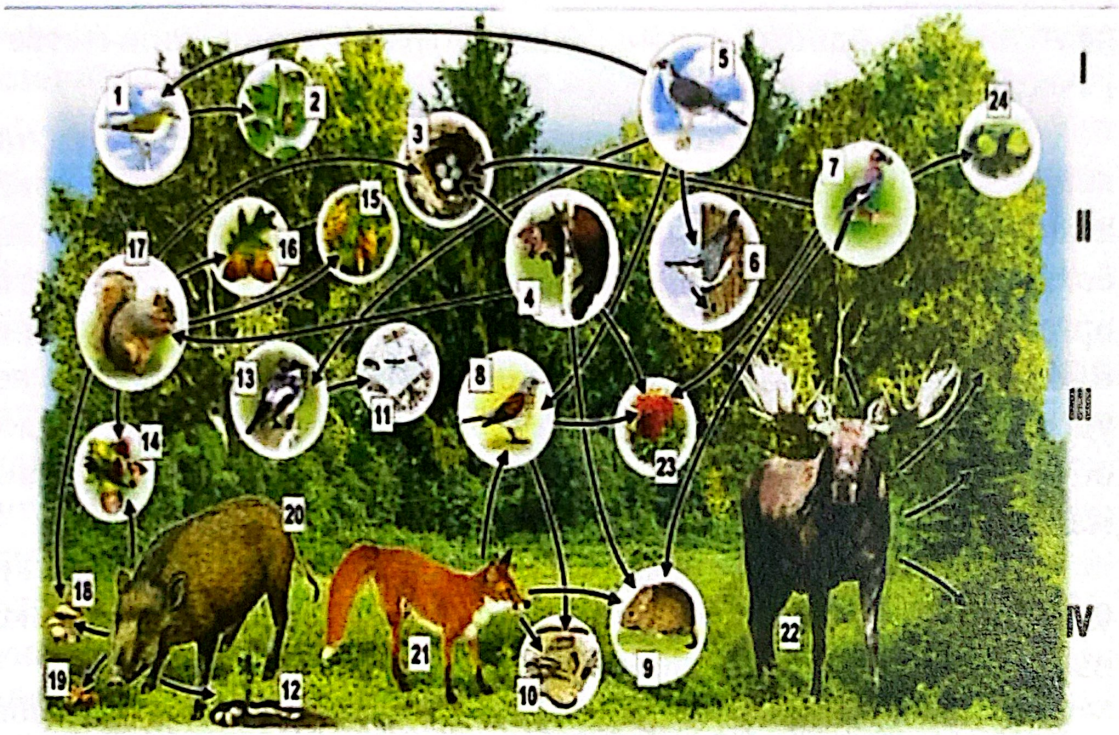


Рисунок 8. *Биогеоценоз*

3) ***редуценты*** (иначе, разрушители, деструкторы) – обычно грибы и микроорганизмы, разлагающие органические соединения отмерших организмов до неорганических, которые вновь используются продуцентами для построения своего тела.

Между этими основными звеньями биогеоценоза возникают связи самых различных порядков – параллельные и перекрещивающиеся, запутанные и переплетенные и т.д.

2.3.2. Биотические связи в биоценозах

Согласно классификации В.Н. Беклемишева (1951 г.) прямые и косвенные межвидовые отношения подразделяются на четыре типа: ***трофические, топические, форические и фабрические.***

Трофические связи возникают в том случае, когда один вид питается другим (живым организмом, его остатками, либо продуктами жизнедеятельности). Здесь возможна как прямая трофическая связь (пчела собирает нектар растений), так и косвенная. Последняя, например, имеет место в случае конкуренции двух видов из-за объекта питания. Тогда

Scanned with CamScanner

деятельность одного, так или иначе, отражается на количестве и качестве питания другого.

Топические связи отражают любое (физическое или химическое) изменение условий обитания одного вида вследствие жизнедеятельности другого. При этом особенно большая роль в создании или изменении среды для других организмов принадлежит растениям. Имея наибольшее значение в биоценозе, трофические и топические связи способствуют удержанию друг возле друга организмов разных видов, объединяя их в достаточно стабильные сообщества разных масштабов и состава.

Форические связи проявляются в том, что один вид участвует в распространении другого. В роли переносчиков выступают в основном животные.

Транспортирование животными более мелких особей называется форезией, а перенос ими семян, спор, пыльцы растений – зоохорией.

Фабрические связи относятся к такому типу биоценотических отношении, в которые вступает вид, использующий для своих сооружений (фабрикации) продукты выделения, либо мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида. Типичный пример – птицы, потребляющие для постройки своих гнезд ветки деревьев, шерсть млекопитающих, траву, листья, пух и перья других видов птиц и т.п. Среди огромного многообразия взаимосвязей живых организмов можно выделить определенные типы отношений, имеющие много общего у организмов разных систематических групп. Это отношения: «хищник – жертва», «паразит – хозяин», конкуренция (внутри – и межвидовая) и другие. Весьма сложные биотические связи возникают у общественных насекомых. Так, муравьи-амазонки совершают набеги на чужие муравейники, захватывают там личинок и куколок и выводят из них в своем муравейнике взрослых муравьев – будущих «рабов». Последние выполняют всю работу по уходу за яйцами, потом личинками, куколками, а также по уборке и достройке жилища муравьев-рабовладельцев». В процессе совместной эволюции у различных видов растений и животных выработались взаимные приспособления друг к другу, т.е. коадаптации; они подчас

Scanned with CamScanner

бывают столь прочными, что раздельно жить в современных условиях указанные виды уже не могут.

Трофические связи животных и растений имеют первостепенное значение, их можно назвать взаимоотношениями автотрофных и гетеротрофных организмов. Практически все организмы, за редким исключением (некоторые хищники и паразиты), питаются растительной пищей.

Однако есть специализированная группа сапрофагов, которые живут за счет разлагающегося органического вещества (гиены, шакалы, стервятники), а также копрофагов, которые питаются экскрементами животных. Следует отметить, что растительную пищу употребляют и типичные плотоядные животные, правда, в определенные периоды жизни. Так, соболь и куница поедают ягоды и семена растений, когда не могут добыть себе животный корм. Практически невозможно среди животных найти виды, которые бы совершенно не питались растительной пищей (рис. 9).

Пищевые взаимоотношения способствовали возникновению специализированных групп животных, которые приспособились жить за счет определенных растений. Так, травоядные животные (копытные, многие грызуны) питаются травянистой растительностью. При этом все степные формы животных адаптировались к жизни на открытых пространствах, к питанию в основном грубыми кормами. Сезонные изменения запасов и качества растительного корма влияют на поведение, а также на образ жизни животных – фитофагов. Одни из них (например, сайгаки) в связи с исчезновением обычного корма вынуждены порой преодолевать огромные расстояния; другие (суслики, хомяки) на зиму впадают в спячку. Кроме фитофагии, в природе существует и зоофагия, т.е. питание растений животными – жертвами. Только растений – зоофагов насчитывается до 500 видов. Все они имеют различные, весьма хитроумные приспособления для ловли насекомых. Так, некоторые грибы ловят своих жертв с помощью микроскопических петель или клейких утолщений.

Scanned with CamScanner

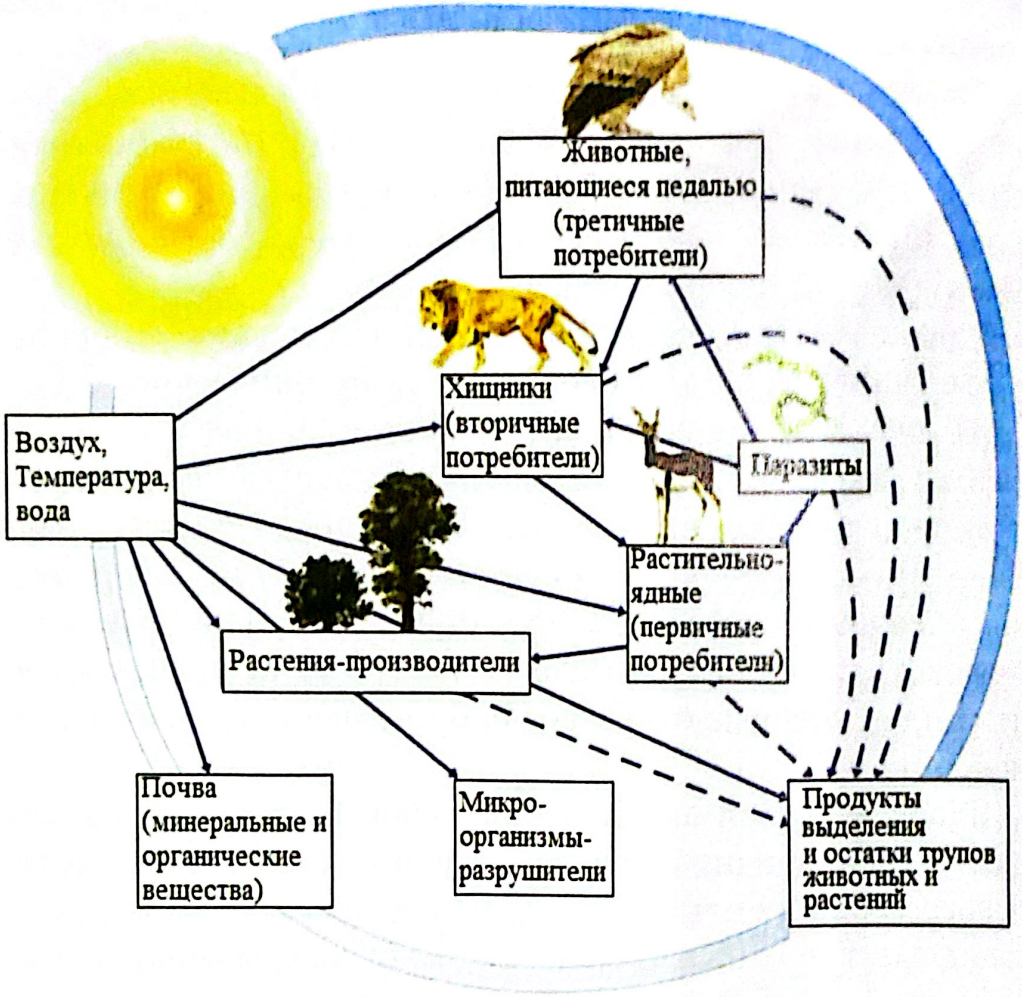


Рисунок 9. *Пример пищевой сети*

2.3.3. Структура биоценоза

Под структурой биоценоза понимают достаточно четко выраженные закономерности в соотношениях и связях его частей. Она многопланова, поэтому при ее изучении обычно выделяют различные аспекты.

Видовая структура биоценоза характеризует разнообразие в нём видов и соотношение их численности или массы. При этом различают бедные и богатые видами биоценозы. Условия, когда абиотической среды приближаются к оптимальным для жизни, возникают чрезвычайно богатые видами сообщества (тропические леса, долины рек в аридных районах и т. д.). Напротив, в полярных арктических пустынях и северных тундрах при дефиците тепла, а также в безводных жарких пустынях

Scanned with CamScanner

сообщества сильно обеднены, поскольку лишь немногие виды могут приспособиться к таким неблагоприятным условиям. Виды одного размерного класса, которые входят в состав конкретного биоценоза, сильно различаются по численности. Одни из них встречаются редко, другие настолько часто, что определяют внешний облик биоценоза, например, ковыль в ковыльной степи. В каждом сообществе можно выделить группу основных, наиболее многочисленных в каждом классе видов. Так, в дубраве – это дуб, в бору – сосна и т.д. В лесу, где произрастают десятки видов растений, только один или два дают до 90% древесины. Такие виды, преобладающие по численности, называются ***доминантными***; они занимают ведущее, господствующее положение в биоценозе. Как правило, наземные биоценозы называют исходя из доминантных видов: лиственный лес, ковыльные степи и т.п.

Виды, которые живут за счет доминантов, получили название ***предомниантов***. Так, в упомянутом дубовом лесу это сойки, мышевидные грызуны, а также кормящиеся на дубе насекомые. Даже самый общий анализ видовой структуры может дать достаточно много для целостной характеристики сообщества. Важно отметить, что разнообразие биоценоза тесно связано с его устойчивостью: чем выше видовое разнообразие, тем стабильнее биоценоз. Пространственная структура биоценоза определяется сложением его растительной части – фитоценоза, распределением наземной и подземной массы растений. В ходе длительного эволюционного преобразования, приспосабливаясь к определенным абиотическим и биотическим условиям, живые организмы в итоге приобрели четкое ярусное строение: надземные органы растений и подземные их части располагаются в несколько слоев, по-разному используя и изменяя среду. Фитоценоз приобретает ярусный характер при наличии в нем растений, различающихся по высоте. Рассмотрим биоценоз лиственного леса.

Растения в лесу различаются по высоте их наземных частей. В связи с этим в растительных сообществах выделяют несколько «этажей», или ярусов.

Так, в широколиственном лесу можно выделить до шести ярусов (рис. 10). Первый (верхний) ярус образован деревьями

Scanned with CamScanner

первой величины (дуб, липа); второй – деревьями второй величины (рябина, дикие яблони и груши): третий ярус составляет подлесок, образованный кустарниками (лещина, крушина); четвертый состоит из высоких трав (чеборцы, бор развесистый и др.); пятый ярус сложен из трав более низких (осока волосистая, пролесник многолетний и др.); в шестом ярусе – наиболее низкие травы (копытень) и мхи. Ярусно располагаются и подземные части растений. Так, корни у деревьев, как правило, проникают на большую глубину, нежели у кустарников.

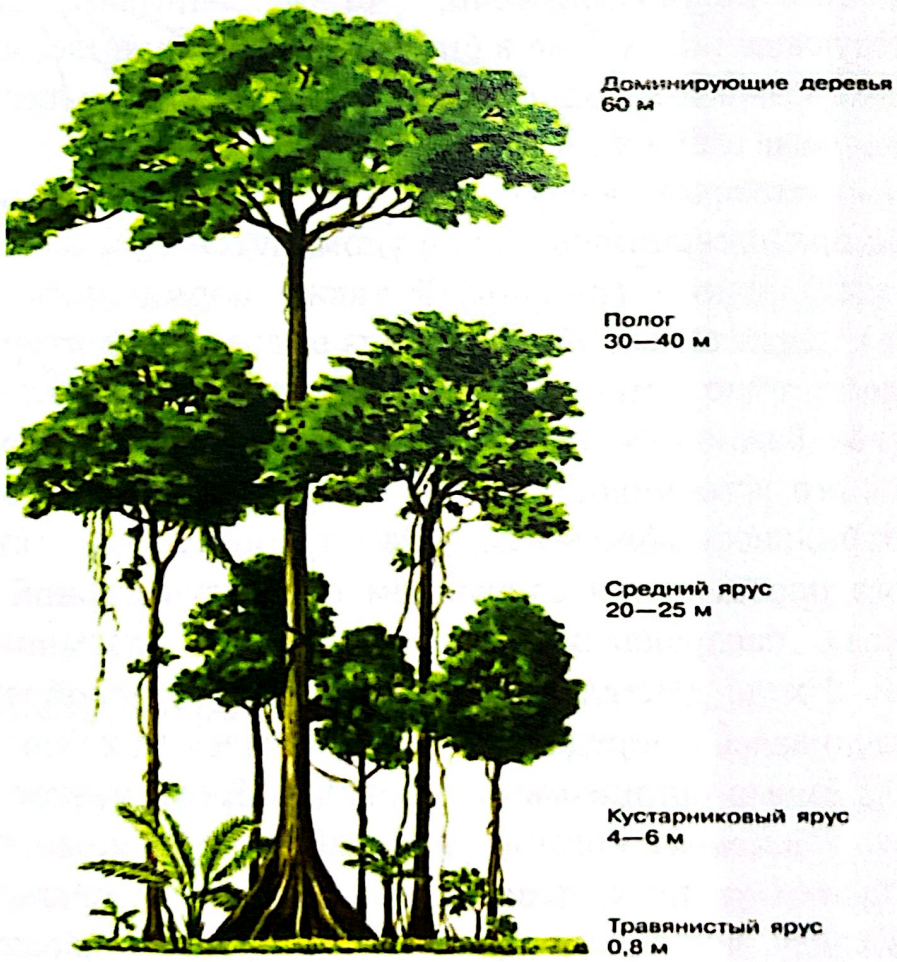


Рисунок 10. *Ярусное строение организмов*

Растения каждого яруса и созданный ими микроклимат способствуют образованию определенной среды для специфичных животных. Поэтому возникают группировки растений и животных – популяции тесно связанных между собой организмов. Так, и почвенном ярусе, который заполнен корнями

Scanned with CamScanner

растений, обитают бактерии, грибы, насекомые, черви. В лесной подстилке живут насекомые, клещи, пауки, многочисленные микроорганизмы. Более высокие ярусы (травостой, подлесок) занимают растительноядные насекомые, птицы, млекопитающие и другие животные. Следовательно, ярус можно представить как структурную единицу биоценоза, которая отличается от других частей его определенными экологическими условиями и набором растений, животных и микроорганизмов. В каждом ярусе складывается своя, подчас сложная, система взаимоотношений составляющих его компонентов.

Каждый биоценоз складывается из определенных экологических групп организмов, которые могут иметь неодинаковый видовой состав, *хотя* и занимают сходные экологические ниши. Так, в лесах преобладают сапрофаги, в степных зонах – фитофаги, в глубинах Мирового океана – хищники и детритоеды. Следовательно, экологическая структура биоценоза представляет его состав из экологических групп организмов, которые выполняют в сообществе определенные функции. Подчеркнем, что указанная структура биоценоза в сочетании с видовой и пространственной служит его макроскопической характеристикой, позволяющей ориентироваться в свойствах биоценоза при планировании хозяйственных мероприятий, прогнозировать последствия тех или иных антропогенных воздействий, оценивать устойчивость системы во времени и пространстве.

2.3.4. Экологическая ниша вида

Понятие ***«экологическая ниша»*** ввел американский зоолог Джозеф Гриннел (1914 г.), но под нишей он понимал *положение видовой популяции в пространстве,* т.е. как «адрес» популяции – это аутэкологический подход к обоснованию понятия «экологическая ниша».

Чарлз Элтон (1927 г.) представил концепцию, согласно которой ***экологическая ниша – это место вида в трофических цепях***. Это современная трактовка данного понятия.

Джордж Хатчинсон (1957 г.) сформулировал понятие экологической ниши, *как всей суммы связей организмов данного*

Scanned with CamScanner

вида с абиотическими условиями среды и с другими видами живых организмов.

Данное понятие введено с целью уяснения роли, которую играет тот или иной вид. Под экологической нишей понимают «образ жизни» и, прежде всего, способ питания организма. Это «гиперпространство» вида внутри биоценоза, где каждая ось пространства определяется требованием вида к разным экологическим факторам (рис. 11).

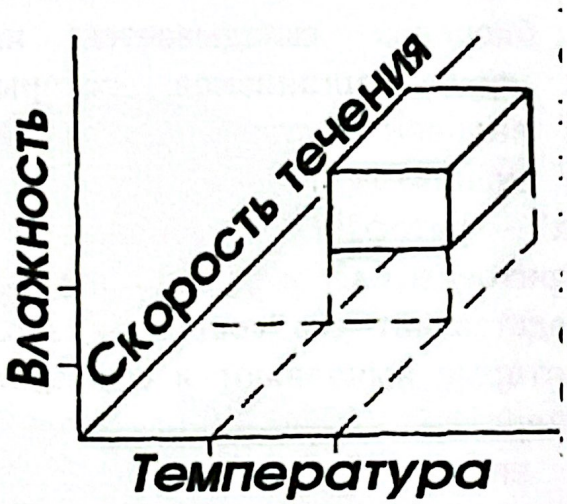


Рисунок 11. *Требования вида к разным экологическим факторам*

Будучи в определенной степени абстрактным понятием, экологическая ниша есть совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Сюда входят физические, химические, физиологические и биотические факторы, необходимые организму для жизни и определяемые его морфологической приспособленностью, физиологическими реакциями и поведением. Согласно Ю. Одуму, термин «экологическая ниша» отражает роль, которую играет организм в экосистеме. Иначе говоря, местообитание – это конкретный адрес вида, тогда как ниша – своего рода его образ жизни.

Экологическая ниша, определяемая только физиологическими особенностями организмов, называется фундаментальной, а та, в пределах которой вид реально встречается в природе – реализованной. Последняя ниша – это та часть фундаментальной

Scanned with CamScanner

ниши, которую данная популяция способна отстоять в конкурентной борьбе (рис. 12).

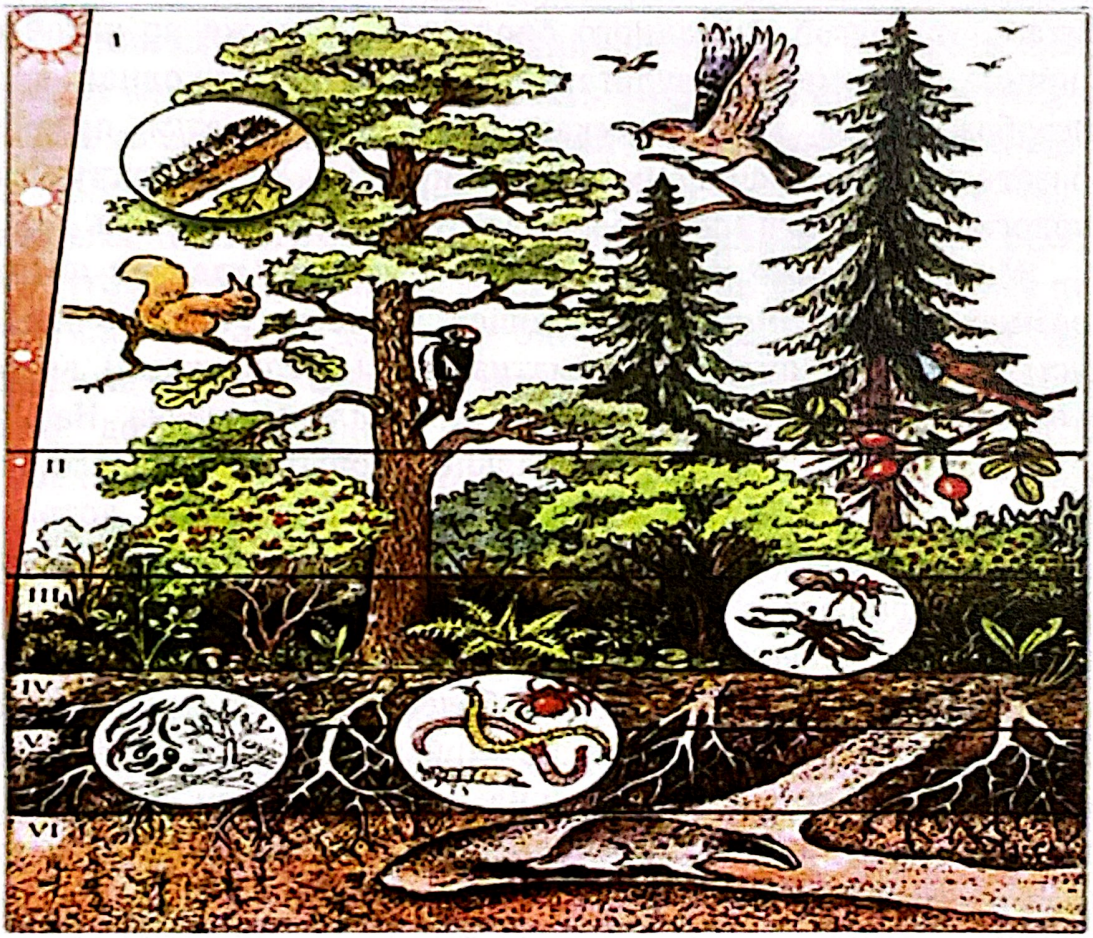


Рисунок 12. *Экологическая ниша*

Каждое местообитание постоянно предоставляет возможности жизнедеятельности множеству организмов. Соответствующие экологические ниши формируются в результате развития тех или иных специальных адаптаций у определенных видов.

Так, мухоловка-пеструшка и садовая горихвостка ловят летающих насекомых в одном и том же лесу. Однако первая охотится только на уровне крон деревьев, а другая – в кустарниках и над почвой. Любопытно, что один и тот же вид в разные периоды развития может занимать различные экологические ниши. Например, головастик питается растительной пищей, а взрослая лягушка – уже плотоядное

Scanned with CamScanner

животное. Необходимо подчеркнуть, что у совместно живущих видов экологические ниши могут частично перекрываться, но полностью никогда не совпадают, иначе при этом вступает в действие закон конкурентного исключения и один вид вытесняет другой из данного биоценоза. Если же по какой-то причине, например, в результате гибели организмов одного вида «освобождается» экологическая ниша, проявляется правило обязательности заполнения экологических ниш: пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена.

Многие ученые считают поэтому, что не следует питать чрезмерный оптимизм в отношении легкости заполнения пустующих ниш путем акклиматизации (интродукции) видов, представляющих практический интерес для человека. Налицо довольно много примеров печального опыта «поправления» природы. Так, вместе с дальневосточной пчелой, которую акклиматизировали в европейской части СССР, были занесены клещи, явившиеся в дальнейшем причиной гибели множества пчелосемей. Менее организованные, но более способные к мутации виды часто вытесняют более организованные виды, занимая их экологические ниши. При этом новые виды часто оказываются, во-первых, весьма агрессивными и трудно уничтожимыми за счет своей высокой изменчивости (как это произошло с вирусом СПИДа, который пришел на смену вирусам кори, скарлатины и др.), а во-вторых, более мелкими по размеру особями. Так, исчезающих в степях копытных животных, функциями которых являлись поедание и частичная переработка растительности, могут заменить грызуны и растительноядные насекомые. При этом следует учесть, что мелким организмам труднее противостоять нарастающей энтропии, поэтому в перспективе возможна гибель экосистемы.

2.3.5. Устойчивость и развитие биоценозов

К. Мебиус и Г.Ф. Морозов сформулировали правило взаимоприспособленности, согласно которому виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что их сообщество составляет внутренне противоречивое, но единое и взаимно связанное целое. Иначе говоря, в естественных (природных)

Scanned with CamScanner

биоценозах не существует полезных и вредных птиц, полезных и вредных насекомых: там все (и даже хищники типа волка) служат друг другу и взаимно приспособлены. В то же время изменения, которые по тем или иным причинам (например, вследствие изменения климатических условий) возникают в биоценозах, по-разному влияют на их устойчивость. Так, если один вид вытеснит другой, то существенных изменений в биоценозе не произойдет, особенно в том случае, когда этот вид не относится к числу массовых. Поэтому при замене одного хищника (куницы) в лесу на другого (соболя), который способен себе добывать пищу как на земле, так и на деревьях, биоценоз леса сохранит все свои основные черты. В случае потерь редких и малочисленных видов также до определенного времени существенно не меняются основные биоценотические связи. Так, еловый лес возле города может относительно долго сохраняться и даже возобновляться несмотря на постоянное антропогенное давление и исчезновение в результате этого многих видов растений, птиц, насекомых. Тем не менее, видовой состав таких лесов постепенно беднеет, а устойчивость слабеет. Такой ослабленный, обедненный биоценоз может разрушиться незаметно, например, из-за исчерпания деревьями запасов минерального питания, а также вследствие внезапного и массового нападения вредителей. Важно подчеркнуть еще раз: основа устойчивости биоценозов – это их сложный видовой состав. В тех случаях, когда из состава биоценоза выпадают основные виды – средообразователи, это ведет к разрушению всей системы и смене сообществ. Подчас такие изменения в природе производит не кто иной, как человек, вырубая леса, чрезмерно вылавливая рыбу в водоемах и т. п.

Динамизм – это одно из основных свойств биоценозов. Многолетнее наблюдение за заброшенным полем показывает, что его последовательно завоевывают сначала многолетние травы, затем кустарник и, наконец, древесная растительность. Рассмотрим основные принципы развития биоценозов.

Влияние, которое биотоп оказывает на биоценоз, называется акцией. Проявляясь весьма разнообразно, например, через влияние климата, она способна вызвать разные последствия: морфологические, физиологические и экологические адаптации, сохранение или исчезновение видов, а

Scanned with CamScanner

также регуляцию их численности. Влияние, оказываемое, в свою очередь, биоценозом на биотоп, называется реакцией, которая может выражаться в разрушении, созидании или изменении биотопа. Можно привести много примеров разрушительных реакций, виновниками которых являются растения. Мхи, лишайники поселяются на самых различных горных породах. Корни высших растений увеличивают образовавшиеся в этих породах расщелины и, кроме того, оказывают химическое воздействие кислыми выделениями. Многие морские беспозвоночные (моллюски, морские ежи, губки) «сверлят» скалы. Роющие животные почвы перемешивают её до значительной глубины. При этом главную роль играют здесь земляные черви и термиты. Согласно Р. Дажо, на постоянных пастбищах в умеренном поясе верхний слой почвы толщиной 10 см образован землей, прошедшей через кишечник земляных червей. Обзор различных взаимодействий между биоценозами и биотопами показывает, что главными причинами, которые вызывают развитие биоценозов, являются климатические, геологические, эдафогенные (почвенные) и биотические факторы. Уровень воздействия тематических факторов можно оценить на примере тех изменений, которые произошли в Европе во время ледниковых и межледниковых периодов. Тогда, в четвертичный период, при максимальном наступлении ледника Средняя Европа представляла собой тундру с карликовыми ивами, дриадами и камнеломками, а вся флора умеренного климата была вытеснена на крайний юг. Фауна того времени включала мамонтов, волосатых носорогов, грызунов.

Потепление, которое произошло в межледниковые периоды, способствовало возвращению винограда в районы к северу от Альп, а «теплолюбивой фауне», в т.ч. древнему слону и гиппопотаму, удалось обосноваться в Европе. Что касается геологических явлений (эрозия, образование осадочных пород, горообразование и вулканизм), они могут также сильно изменить биотоп, который, в свою очередь, вызовет значительные сдвиги в биоценозах. Имеющее место развитие почв (эдафогенные факторы), которое обусловлено совместным действием климата и живых организмов, влечет за собой параллельно и развитие флоры. Биотические факторы являются

Scanned with CamScanner

самыми обычными и быстродействующими факторами. Можно указать, например, на роль бизонов, численность которых ранее составляла десятки миллионов голов, в развитии биоценозов американских прерий. Огромную роль в этом процессе играет и такой экологический фактор, как межвидовая конкуренция. В настоящее время определяющим фактором развития биоценозов являются хозяйственная, а также военная деятельность человека. Пожары, вырубка лесов, прокладка дорог, трубопроводов, запуски ракет, интродукция (сознательная или случайная) новых видов животных (особенно микроорганизмов) или растений – это всего лишь отдельные примеры вторжения человека в природу. Они способны привести к быстрой эволюции биоценозов, а иногда и к исчезновению некоторых видов организмов.

2.3.6. Взаимоотношения организмов в биоценозе

Среди огромного разнообразия взаимосвязей живых существ выделяют определенные типы отношений, имеющие много общего у организмов разных систематических групп. При этом возможны разные типы комбинаций (рис. 13).

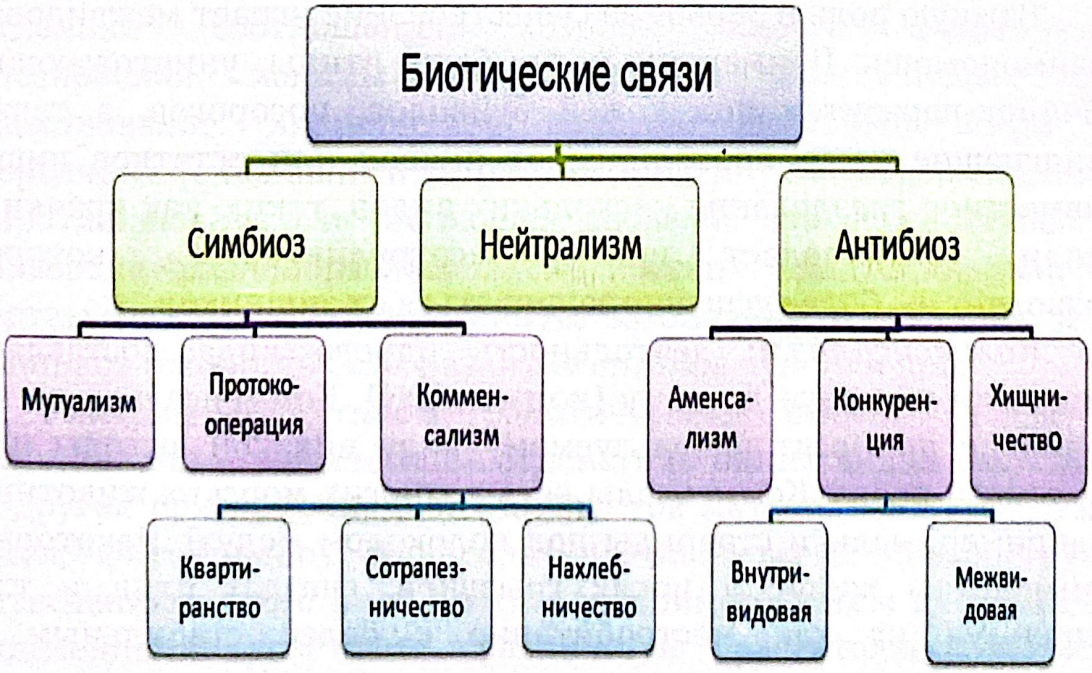


Рисунок 13. *Биотические связи*

Scanned with CamScanner

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

Конкуренция (межвидовая): особи или популяции в борьбе за пищу, местообитание и другие необходимые для жизни условия воздействуют друг на друга отрицательно. Острые конкурентные отношения, соперничество наблюдаются как в животном, так и в растительном мире. В условиях ограниченных пищевых ресурсов два одинаковых в экологическом отношении и потребностях вида сосуществовать не могут, и рано или поздно один конкурент вытесняет другого («закон конкурентного исключения» Г.Ф. Гаузе).

Конкурентные отношения являются важнейшим механизмом формирования видового состава сообщества, пространственного распределения видов и регуляции их численности. Именно поэтому они играют огромную роль в эволюционном развитии видов.

Мутуализм (симбиоз): каждый из видов может жить, расти и размножаться только в присутствии другого. Симбионтами могут быть только растения или растения и животные или только животные. Характерным примером пищеобусловленных симбионтов являются клубеньковые бактерии и бобовые, микориза некоторых грибов и корни деревьев, лишайники и термиты.

Важную роль в борьбе за существование играет межвидовая взаимопомощь. Примерами могут быть птицы, уничтожающие личинок-паразитов под кожей буйволов, носорогов, а также очищающие пасть крокодилов от пиявок или остатков пищи. Совместное гнездование нескольких видов, таких, как крачки и цапли, представляет пример «сотрудничества», которое позволяет им более успешно защищаться от хищников.

Комменсализм: деятельность одного вида доставляет пищу или убежище другому (комменсалу). Комменсалы в то же время не приносят используемому виду никакой выгоды или заметного вреда. Комменсалы есть у многих морских животных (например, мальки ставриды под колоколом медуз). Некоторые комменсалы живут в норах грызунов, гнездах птиц и т.п., используя их как местообитание с более стабильным и благоприятным микроклиматом.

Scanned with CamScanner

Формой комменсализма является форезия, когда организм больших размеров носит другой, менее крупный (акула и рыба-прилипала).

Аменсализм: биотическое взаимодействие двух видов, при котором один вид причиняет вред другому, не получая при этом для себя ощутимой пользы. Оно обычно наблюдается в растительном мире, когда, например, деревья затеняют и поэтому угнетают травянистую растительность под их кронами.

Паразитизм: один из видов живет за счет другого, находясь внутри или на поверхности его тела. При этом организм-паразит использует живого хозяина не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного обитания. Среди паразитов различают эндопаразитов и эктопаразитов. Эндопаразиты живут в внутри тела хозяина и питаются его тканями или содержимым пищеварительного тракта (паразитические черви). Эктопаразиты обитают на коже хозяина и, обладая достаточной подвижностью, способны переходить от одного хозяина к другому (насекомые–кровососы).

Хищничество является широко распространенным типом биотических отношений в природе. С экологической точки зрения такие отношения между двумя видами благоприятны для одного (хищника) и неблагоприятны для другого (жертвы). В то же время оба вида формируют такой образ жизни и такие численные соотношения, которые вместо ожидаемого исчезновения жертвы или хищника обеспечивают их существование. Хищничеству присущи активный поиск и энергичные (с большими затратами энергии) способы овладения сопротивляющейся и убегающей добычей. Это способствовало выработке разнообразных экологических адаптаций, как у жертвы (шипы, иглы, инстинкты затаивания и т.п.), так и у хищников (скорость бега, развитие органов чувств и др.).

Уникальным типом биотических связей является **аллелопатия** – химическое воздействие одних видов растений на другие при помощи своих продуктов метаболизма (эфирных масел, фитонцидов). Аллелопатня, чаще всего, способствует вытеснению одного вида другим (например, орех и дуб своими выделениями угнетают травянистую растительность под кроной).

Scanned with CamScanner

Все перечисленные формы биологических связей между видами служат регуляторами численности животных и растений в сообществе, определяя их устойчивость.

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 3

ЭКОСИСТЕМЫ

3.1. ЭКОСИСТЕМЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Совокупность организмов различных видов и неорганических компонентов окружающей их среды, в которой может осуществляться круговорот веществ, называют экологической системой, или экосистемой.

В настоящее время науке известно около 2,5 млн. видов. Среди них 1,5 млн. – насекомые, ещё 300 тыс. – цветковые растения. Всех животных примерно столько же, сколько цветковых растений. Водорослей известно не многим более 30 тыс., грибов – около 70 тыс., бактерий – менее 6 тыс., вирусов – около тысячи. Млекопитающих – не более 4 тыс., рыб – 40 тыс., птиц – 8,4 тыс., амфибий – 4 тыс., рептилий – 8 тыс., моллюсков – 130 тыс., простейших – 36 тыс., различных червей – 35 тыс. видов. Около 80% биоразнообразий составляют виды, обитающие на суше, и лишь 20% – виды водной среды жизни: разнообразие условий среды в водоёмах меньше, чем на суше. На сегодняшний день биоразнообразие планеты выявлено далеко не полностью. По прогнозам, общее число видов организмов, живущих на Земле составляет не менее 5 млн (а по некоторым прогнозам – 15 и даже 30 млн).

Природные экосистемы могут быть самого различного объема и протяженности. Это и капля воды с ее обитателями, лужа, пруд, луг, тайга, степь (рис. 14).

Однако любая экосистема, независимо от размера, включает в себя живую часть (биоценоз) и ее физическое, т. е. неживое окружение. При этом малые экосистемы входят в состав более крупных, вплоть до глобальной экосистемы – Земля. Аналогично, общий биологический круговорот вещества на планете также складывается из взаимодействия множества более мелких, частных круговоротов.

Scanned with CamScanner

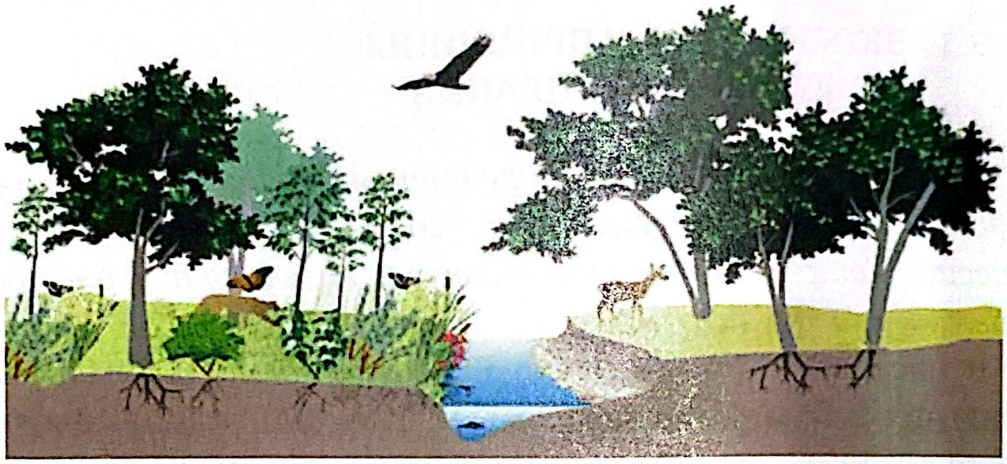


Рисунок 14. *Пример экосистемы*

Сразу отметим, что понятия ***«экосистема»*** (термин предложен А. Тенсли в 1935 г.) и ***«биогеоценоз»*** близки по сути. Первое из них приложимо для обозначения систем, обеспечивающих круговорот любого ранга, а «биогеоценоз» – понятие территориальное, относящееся к таким участкам суши, которые заняты фитоценозами. *Концепции экосистем и биогеоценозов, дополняя и обогащая друг друга, позволяют рассматривать функциональные связи сообществ и окружающей их абиотической среды в разных аспектах и с разных точек зрения.*

Экосистема может обеспечить круговорот веществ только в том случае, если включает четыре необходимые для этого части: ***1)*** *запасы биогенных элементов;* ***2)*** *продуценты;* ***3)*** *консументы;* ***4)*** *редуценты.* На их сложном и постоянном взаимодействии основан *первый (основной) принцип функционирования экосистем:* получение ресурсов и избавление от отходов происходят в рамках круговорота всех элементов. Данный принцип гармонирует с законом сохранения массы. Так как атомы не возникают, не исчезают и не превращаются один в другой, они могут использоваться бесконечно в самых

Scanned with CamScanner

различных химических соединениях и запас их практически неограничен. Именно это и происходит в природных экосистемах.

Необходимо подчеркнуть, однако, что биологический круговорот не совершается исключительно за счет вещества, поскольку он – результат деятельности организмов, для обеспечения жизнедеятельности которых требуются постоянные энергетические затраты, обеспечиваемые Солнцем. Энергия солнечных лучей, поглощаемая зелеными растениями, в отличие от химических элементов, не может использоваться организмами бесконечно. Данное заключение вытекает из второго закона термодинамики: энергия при превращении из одной формы в другую, т.е. при совершении работы, частично переходит в тепловую форму и рассеивается в окружающей среде (рис. 15).

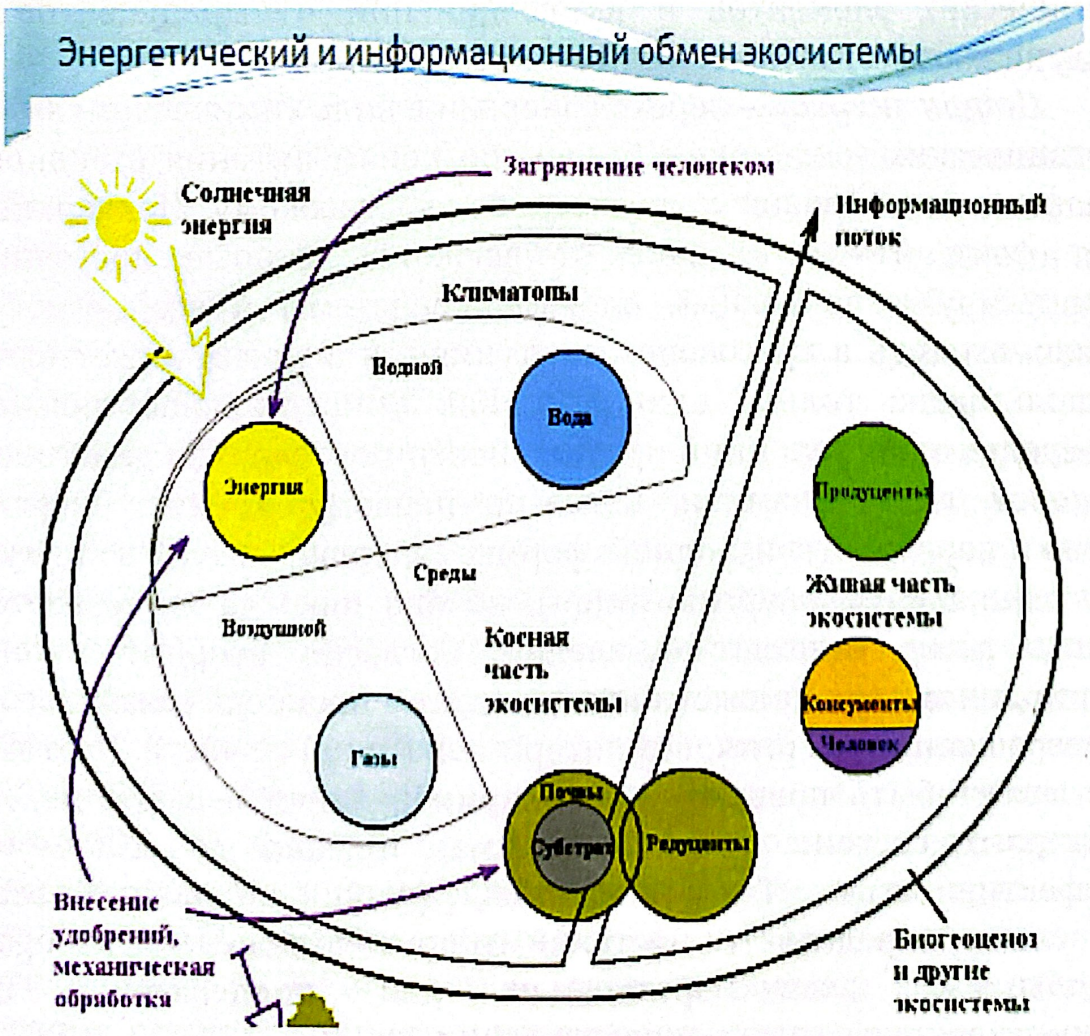


Рисунок 15. *Энергетический и информационный обмен экосистемы*

Scanned with CamScanner

Следовательно, каждый цикл круговорота, зависящий от активности организмов и сопровождаемый потерями энергии из них, требует все новых дотаций энергии. Существование экосистем любого ранга и вообще жизни на Земле обусловлено постоянным круговоротом веществ, который, в свою очередь, поддерживается постоянным притоком солнечной энергии. В этом состоит *второй основной принцип функционирования экосистем:* они существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно.

3.2. ПОТОКИ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМЕ

Поток вещества – перемещение вещества в форме химических элементов и их соединений от продуцентов к редуцентам (через консументы или без них).

Поток энергии – переход энергии в виде химических связей органических соединений (пищи) по цепям питания от одного трофического уровня к другому, более высокому. Подчеркнем тот факт, что в отличие от веществ, которые постоянно циркулируют по разным блокам экосистемы и всегда могут вновь входить в круговорот, поступившая энергия может быть использована только один раз. Как универсальное явление природы, односторонний приток энергии обусловлен действием законов термодинамики. Согласно первому из них: энергия может переходить из одной формы (энергии света) в другую (потенциальную энергию пищи), но она никогда не создается вновь и не исчезает бесследно. Согласно второму закону термодинамики не может быть ни одного процесса, связанного с превращением энергии, без потери некоторой ее части. Поэтому не может быть превращений, например, пищи в вещество, из которого состоит тело организма, идущих со 100%-ной эффективностью. Таким образом, функционирование всех экосистем определяется постоянным притоком энергии, которая необходима всем организмам для поддержания их существования и самовоспроизведения.

Scanned with CamScanner

В процессе изучения развития экосистем следует учитывать и конкурентные отношения. В этом аспекте большой интерес представляет ***закон максимизации энергии*** (Г. Одум – Э. Одум): в соперничестве с другими экосистемами выживает (сохраняется) та из них, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует максимальное её количество наиболее эффективным способом. По этому закону система:

1) создаст накопители (хранилища) высококачественной энергии (например, запасы жира);

2) затрачивает определенное количество накопленной энергии на обеспечение поступления новой энергии;

3) обеспечивает круговорот различных веществ;

4) создает механизмы регулирования, поддерживающие устойчивость системы и ее способность к приспособлению к изменяющимся условиям;

5) налаживает с другими системами обмен, необходимый для обеспечения потребности в энергии специальных видов».

Закон максимизации энергии справедлив и в отношении информации, следовательно, (по Н.Ф. Реймерсу), его возможно рассматривать с такой формулировкой: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации.

Цепи питания, которые начинаются с фотосинтезирующих организмов, называют ***цепями выедания*** (или пастбищными), а цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных – ***детритными цепями***. Место каждого звена в цепи питания называют ***трофическим уровнем***, он характеризуется различной интенсивностью протекания потока веществ и энергии. Первый трофический уровень всегда составляют продуценты; растительноядные консументы относятся ко второму трофическому уровню; плотоядные, живущие за счет растительноядных форм – к третьему; потребляющие других плотоядных – соответственно к четвертому и т. д. Вследствие этого различают консументов первого, второго, третьего и четвертого порядков, занимающих разные уровни в цепях питания.

Scanned with CamScanner

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ***пищевая цепь – основной канал переноса энергии в сообществе.*** Теперь рассмотрим, как и в каком соотношении передастся энергия, заключенная в растительной пище, по цепям питания. Согласно расчетам, на каждом этапе передачи вещества и энергии по пищевой цепи теряется примерно 90% энергии и только около одной десятой доли её переходит к очередному потребителю.

Указанное соотношение в передаче энергии и пищевых связях организмов называют ***«правилом десяти процентов»*** (принцип Линдсмана). Например, количество энергии, которое доходит до третичных плотоядных (пятый трофический уровень), составляет лишь около 10^{-4} энергии, поглощенной продуцентами. Этим объясняется ограниченное количество (5–6) звеньев (уровней) в пищевой цепи независимо от сложности видового состава биоценоза.

3.3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ. ПРАВИЛО ПИРАМИД

Органическая масса, создаваемая растениями за единицу времени, называется *первичной продукцией сообщества,* а продукция животных или других консументов – *вторичной.* Вторичная продукция не может быть больше первичной или даже равной ей. Продукцию выражают количественно в сырой или сухой массе растений либо в энергетических единицах – эквивалентном числе джоулей. Часть производимой продукции идёт на поддержание жизнедеятельности самих растений (затраты на дыхание). В тропических лесах и зрелых лесах умеренной полосы она составляет 40-70% валовой продукции. Около 40% составляют затраты на дыхание у большинства сельскохозяйственных культур. Оставшаяся часть созданной органической массы характеризует ***чистую первичную продукцию.*** Представляя собой величину прироста биомассы растений, она является энергетическим резервом для консументов и редуцентов. Постепенно перерабатываясь в цепях питания, она идет на пополнение биомассы гетеротрофных организмов.

Scanned with CamScanner

Функциональную структуру биогеоценоза формируют трофические уровни, на которых происходит последовательное преобразование вещества и энергии.

Трофические уровни экосистем графически представляются в виде ***экологических пирамид,*** в которых ширина отдельных уровней-прямоугольников пропорциональна емкости соответствующих уровней. Выделяют *пирамиды чисел, пирамиды биомассы* и *пирамиды энергии* (рис. 16).

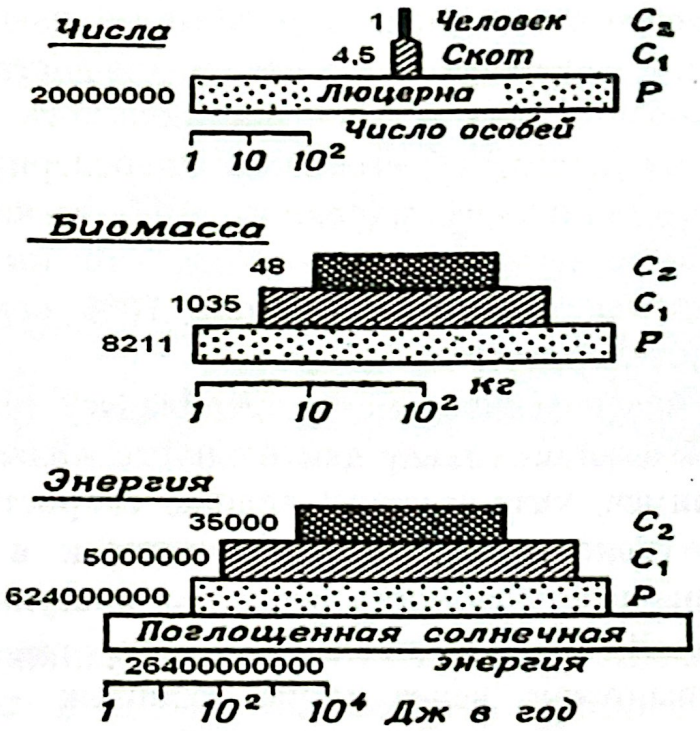


Рисунок 21. *Пирамида чисел, пирамида биомассы и пирамида энергии*

Всем экосистемам отвечают определенные соотношения первичной и вторичной продукции, называемые ***правилом пирамиды продукции.*** На каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем. Например, масса всех трав, выросших за год в степи, значительно больше, чем годовой прирост массы всех растительноядных животных, а прирост хищников меньше, чем растительноядных животных. Указанное правило отображают в виде пирамид, сужающихся к верху и

Scanned with CamScanner

образованных поставленными друг на друга прямоугольниками равной высоты. Длина этих прямоугольников соответствует масштабам продукции на соответствующих трофических уровнях.

Известно, что основными продуцентами в океане являются одноклеточные водоросли, отличающиеся высокой скоростью оборота генераций. Как следствие, их годовая продукция может в десятки и даже, сотни раз, превышать запас биомассы на данный момент времени. Вся чистая первичная продукция так быстро вовлекается в цепи питания, т.е. поедается, что накопление биомассы водорослей весьма мало. Тем не менее, из-за высоких темпов размножения небольшой их запас вполне достаточен для поддержания скорости воссоздания органического вещества. Поэтому для океана пирамида биомасс имеет перевернутый вид.

Переход вещества и энергии с одного трофического уровня на другой связан с потерями. Считается, что ***на каждом последующем уровне усваивается лишь 10% вещества и энергии предыдущего уровня.***

На высших трофических уровнях преобладает тенденция к накоплению биомассы, поскольку длительность жизни крупных хищников (например, кита-касатки) велика, скорость оборота этих генераций (поколений), наоборот, мала, и в их телах задерживается значительная часть вещества, поступающего по цепям питания. В тех трофических цепях, где передача происходит в основном через связи «хищник – жертва», справедливо *правило пирамиды чисел:* общее число особей, которые участвуют в цепях питания, с каждым последующим звеном уменьшается. Поясним это правило. Хищнику для поддержания собственной биомассы нужно несколько или много жертв.

Однако бывают случаи, когда более мелкие хищники живут за счет групповой охоты на крупных животных. *Пирамида энергии* более точно отображает трофические связи организмов, поскольку она характеризует скорость возобновления биомасс. Пирамиды потоков энергии никогда не бывают «перевернутыми»: следующий трофический уровень может «пропустить через себя» лишь часть энергии, усвоенной предыдущим уровнем (вспомните правило 10%). Эта

Scanned with CamScanner

закономерность получила название ***правила 10-ти % – правило Линдемана*** (рис. 17).

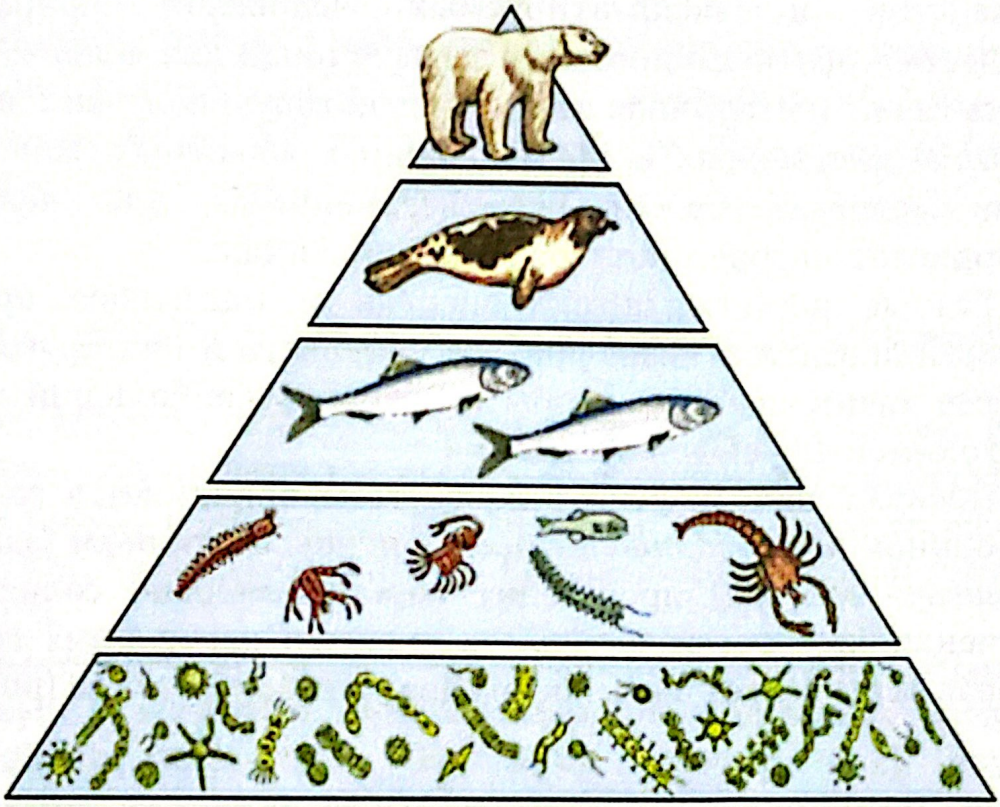


Рисунок 17. *Правило пирамид Линдемана*

Продуктивность – это способность живых организмов и экосистемы в целом производить органическое вещество. Измеряется в количестве продукции, образуемой на единице земной поверхности за единицу времени (г/м^2·год или ккал/м^2·год).

Первичная продукция – результат фотосинтеза растений, а также фотосинтеза и хемосинтеза бактерий.

Общее количество энергии, связываемой в органическом веществе растениями – ***валовая первичная продукция*** *(ВПП).*

Чистая первичная продукция представляет собой разность между ВПП и затратами на дыхание (Д): *ЧПП = ВПП – Д.*

Вторичная продукция – продукция животных. Ее учет еще более сложен. Это связано с особенностями животных: они растут до определенного возраста, затем энергия тратится на дыхание и размножение.

Scanned with CamScanner

Изучение законов продуктивности экосистем, возможность количественного учета потока энергии чрезвычайно важны в практическом отношении, так как первичная продукция агроценозов и эксплуатируемых человеком природных сообществ – основной источник запасов пищи для человечества. Весьма важна и вторичная продукция, которую получают за счет сельскохозяйственных и промышленных животных: животные белки содержат целый ряд незаменимых для человека аминокислот, которых нет в растительной пище.

Точные расчеты потока энергии и масштабов продуктивности экосистем позволяют регулировать в них круговорот веществ таким образом, чтобы обеспечить наибольший выход необходимой для людей продукции.

Превращения энергии в экосистеме подчиняется законам термодинамики: ***в соответствии с первым законом (законом сохранения энергии)*** происходит переход энергии солнечного излучения (электромагнитной) в энергию химических связей, которая затем может быть превращена в работу и тепло (рис. 18).

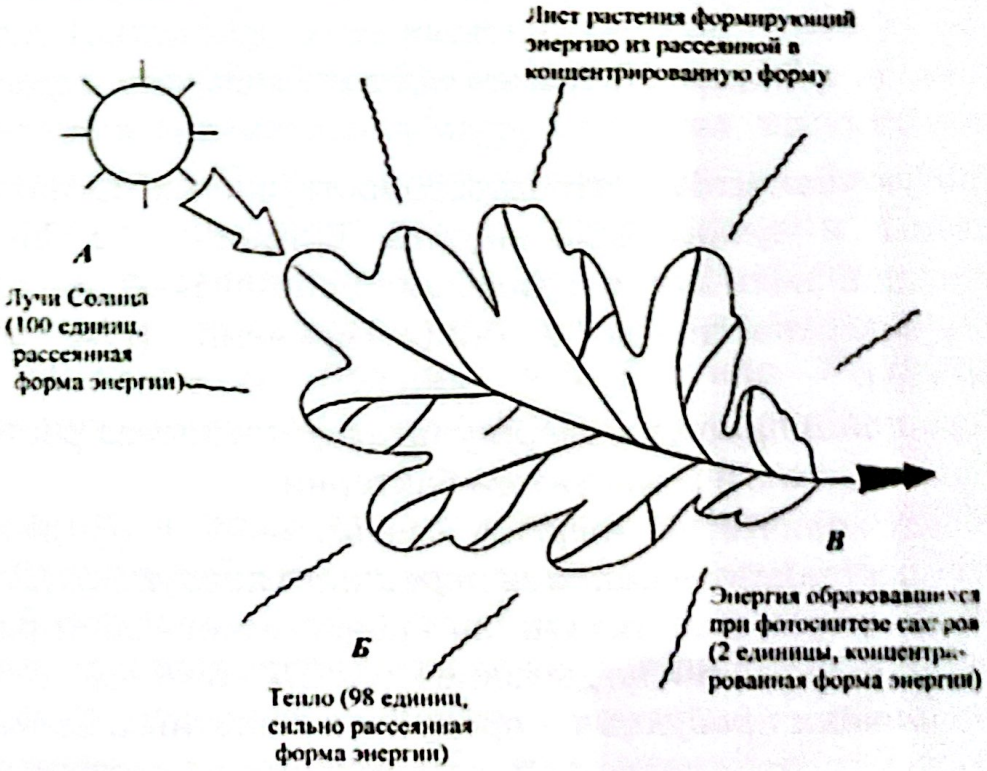


Рисунок 18. *А = Б + В – первый закон термодинамики;*
В < А – второй закон термодинамики

В соответствии со вторым законом термодинамики, поток энергии в экосистеме характеризуется однонаправленностью: переходя с одного трофического уровня на другой, энергия постоянно теряется.

Наконец, очень важно хорошо представлять допустимые пределы изъятия растительной и животной биомассы из природных систем. В противном случае может быть подорвана их продуктивность, от чего пострадает, прежде всего, человек.

3.4. ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ. СУКЦЕССИЯ И КЛИМАКС

Биоценозы, независимо от их сложности, динамичны, в них постоянно происходят изменения в состоянии жизнедеятельности их членов и соотношении популяций. Указанные изменения можно свести к двум основным типам: циклическим и поступательным.

Циклический тип изменения сообществ отражает суточную, сезонную и многолетнюю периодичность внешних условий и проявления эндогенных (внутренних) ритмов организмов. В любом естественном биоценозе имеются группы организмов, активность жизни которых приходится на разное время суток. Поэтому в составе и соотношении отдельных видов биоценоза происходят периодические изменения, так как ряд организмов на определенное время выключаются из него. При этом суточную динамику биоценоза обеспечивает не только животное, но и растительное население. Суточная динамика биоценозов преимущественно связана с ритмами приходных явлений характеризуется строгой периодичностью (смена дня и ночи). При сезонной динамике имеют место более существенные отклонения в биоценозах, определяемые биологическими циклами организмов, которые зависят от сезонной цикличности природных явлений. Смена времен года существенно влияет на жизнедеятельность растений и животных (периоды цветения, плодоношения, активного роста, осеннего листопада и зимнего покоя у растений: спячка, зимний сон, диапауза и миграции у животных).

Поступательные изменения в сообществе приводят в конечном итоге к смене этого сообщества другим, с иным

Scanned with CamScanner

набором господствующих видов. Причиной подобных смен могут быть внешние по отношению к биоценозу факторы, длительное время воздействующие в одном направлении, например, иссушение болотных почв. Изменение внешних условий среды влияет на некоторые виды неблагоприятно, другие же виды могут от этого, наоборот, выиграть. Подчас изменившиеся условия позволяют включиться в экосистему новым видам. В целом происходит так называемая *сукцессия* (от лат. succesio – преемственность) – последовательная необратимая смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов или воздействия человека.

Различают первичные и вторичные сукцессии.

Первичной сукцессией называется процесс развития и смены биоценозов на незаселенных ранее участках, начинающийся с их колонизации. Известный пример – постепенное обрастание голой скалы с развитием в конечном итоге на ней леса (рис. 19).

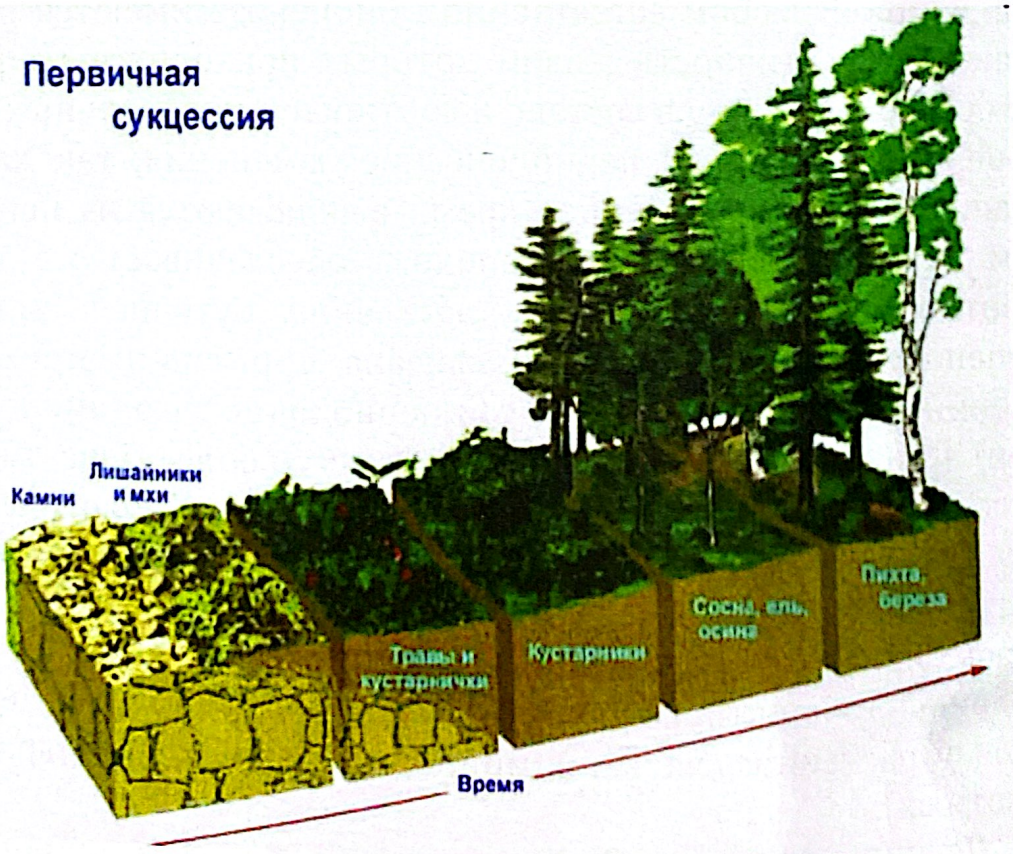


Рисунок 19. *Первичная сукцессия*

Scanned with CamScanner

Вторичная сукцессия происходит на месте сформировавшегося ранее биоценоза после его нарушения по какой-либо причине (пожар, вырубка леса, засуха и т.п.). В современных условиях вторичные изменения наблюдаются повсеместно. Так, в Белорусии уничтожение части лесов в годы ВОВ и последующие вырубки привели к замене коренных лесов (сосновых, дубовых, еловых) менее ценными (березовыми, осиновыми, сероольховыми).

Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы, размножившись, сохраняют относительно постоянную численность и дальнейшей смены ее состава не происходит (рис. 20).

Такое равновесное состояние называют ***климаксом,*** а экосистему – ***климаксовой.*** В такой экосистеме существует равновесие между связанной ею энергией и энергией, затрачиваемой на поддержание жизнедеятельности своих компонентов.

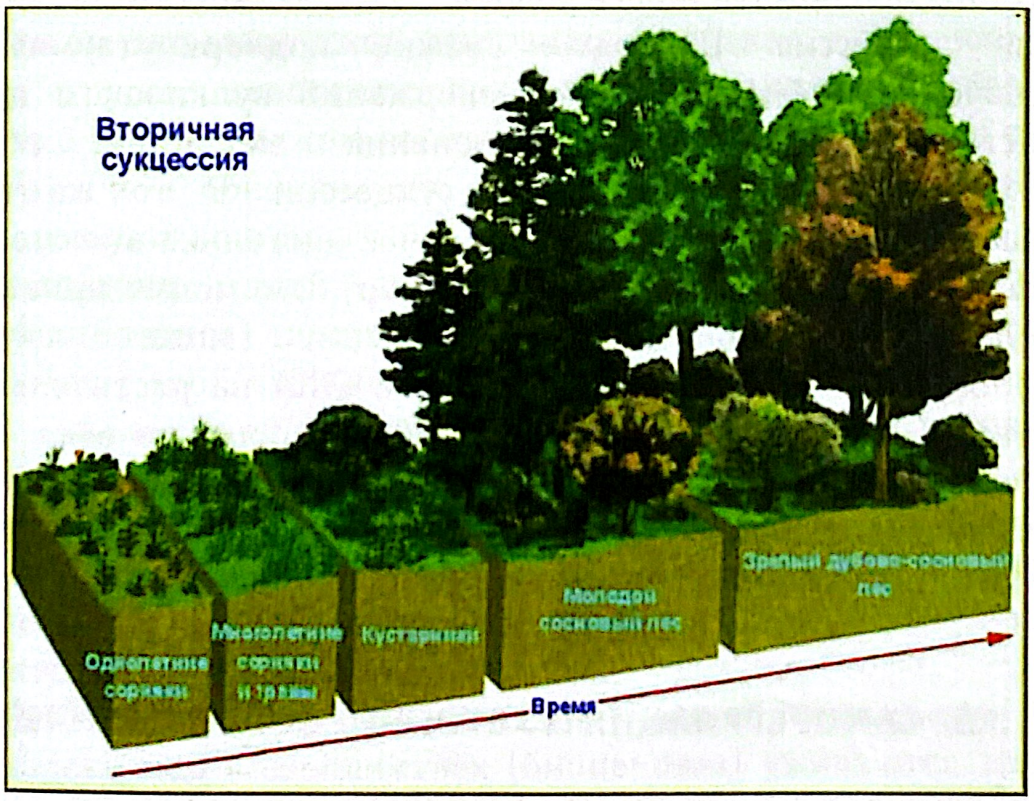


Рисунок 20. *Вторичная сукцессия*

Scanned with CamScanner

Таким образом, ***климаксовый биоценоз*** находится в состоянии гомеостаза. В разных абиотических условиях формируются различные климаксовые экосистемы. В сухом и жарком климате это будет пустыня; в жарком, но влажном — тропические леса. При сукцессиях изменения происходят постепенно: это более или менее упорядоченный процесс замещения одних видов другими, на всех стадиях которого экосистема достаточно сбалансирована и разнообразна. Однако возможны и внезапные изменения, которые вызывают популяционный взрыв некоторых видов за счет гибели многих других. В таких случаях приходится говорить уже не о сукцессии, а об экологическом нарушении. Последнее возникает, например, в результате сброса богатых биогенами сточных вод в естественные водоемы, что вызывает бурный рост некоторых водорослей. Иногда изменения могут быть столь резкими, что практически ни один исходный компонент экосистемы не сохраняется, и тогда наступает ее гибель. Впоследствии на освободившемся месте могут поселиться другие виды, которые способны выдержать новые условия, т.е. фактически начинается новая сукцессия. При этом важно подчеркнуть, что за исключением землетрясений, извержений вулканов и других катастроф, естественные изменения экосистем обычно протекают медленно, по типу сукцессии. В то же время вмешательство человека бывает подчас настолько внезапным и глубоким (военные действия, например), что может привести к гибели экосистем. Примером этому может служить крупномасштабное воздействие армии США на растительность Вьетнама, Камбоджи и Лаоса в 60–70 гг. прошлого века. После окончания войны на огромных территориях погибли растения, исчезли животные. Ожидается, что восстановление природных экосистем потребует не менее ста лет.

3.5. САМОРЕГУЛЯЦИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ

Благодаря невероятному разнообразию жизни на Земле в природе практически нет абсолютно сходных особей, популяций, видов и экосистем. Природные сообщества могут включать сотни и тысячи видов: от микроскопических бактерий до огромных

Scanned with CamScanner

деревьев и многотонных животных. Казалось бы, усложнение экосистемы, в частности, ее видового состава, должно негативно отражаться на устойчивости сообщества. Тем не менее, практические наблюдения полностью опровергают это предположение. Существует ряд правил и принципов, которые помогают более глубокому пониманию причин устойчивости природных систем различной сложности.

Правило внутренней непротиворечивости: в естественных экосистемах деятельность входящих в них видов направлена на поддержание этих экосистем, как среды собственного обитания. Иначе говоря, виды в естественной природе не могут разрушать среду своего обитания, так как это вело бы их к самоуничтожению. Напротив, деятельность растений и животных направлена на создание (поддержание) среды, пригодной не только для их жизни, но и потомства.

Принцип системной дополнительности: подсистемы одной природной системы в своем развитии обеспечивают предпосылку для успешного развития и саморегуляции других подсистем, входящих в ту же систему.

Закон экологической корреляции: в экосистеме, как и в любом другом целостном природно-системном образовании, особенно в биотическом сообществе, все входящие в него виды живого и абиотические компоненты функционально соответствуют друг другу.

Выпадение одной части системы (например, уничтожение какого-либо вида) неминуемо ведет к исключению всех тесно связанных с этой частью системы других ее частей. Понимание закона экологической корреляции особенно важно в аспекте сохранения видов живого: они никогда не исчезают в одиночку, но всегда взаимосвязанной группой. Высокое видовое разнообразие живых существ в природе обусловливает, в свою очередь, следующие свойства сложных систем, которыми являются биоценозы.

Взаимная дополнительность частей биоценоза. Уже отмечалось, что в сообществах (биоценозах) уживаются только те виды, которые дополняют друг друга в использовании ресурсов среды обитания, т. е. делят между собой экологические нити. Так, согласно Н.Г. Черновой и др. в лиственном лесу

Scanned with CamScanner

растения первого яруса, т.е. самые высокие, перехватывают 70-80% светового потока. Второму ярусу достается уже 10-20% от полного освещения. Наземные травянистые растения и мхи в таких лесах способны осуществлять фотосинтез, используя всего лишь 1-2% светового потока. Таким образом, дополняя друг друга, растения способствуют более полному использованию энергии Солнца. Добавим, что взаимная дополнительность весьма характерна и для многих микроорганизмов-редуцентов: одни из них «специализируются» на разрушении клетчатки мертвых растений, другие – белков, третьи – сахаров и т.д.

Таким образом, можно сделать вывод, что взаимная дополнительность видов, одни из которых созидают, а другие – разрушают органическое вещество – основа биологических круговоротов.

Взаимозаменяемость видов. Хотя полностью похожих друг на друга видов не существует, многие из них, имеющие сходные экологические требования и функции, способны перекрываться. Такие виды обычно заменяют друг друга в близких сообществах, например. разные виды пихты и елей в темнохвойных таежных лесах или разные виды насекомых-опылителей на лугах. Как следствие, в случае частичного перекрывания экологических ниш многих видов выпадение или снижение активности одного из них не опасно для экосистемы в целом, так как его функцию готовы взять на себя оставшиеся. Тем самым происходит т.н. «конкурентное высвобождение», и разные звенья круговорота веществ продолжают действовать.

Регуляторные свойства. Ранее отмечалось, что одним из основных условий существования сложных систем служит их способность к саморегуляции, которая возникает на основе обратных связей. Так, возрастание численности жертв приводит к увеличению численности хищников и паразитов. Рост плотности популяции выше определенного уровня, в свою очередь, так изменяет связи внутри вида, что снижается его воспроизводительная способность или ускоряется рассредоточение особей в пространстве. Такая саморегуляция происходит тем успешнее, чем выше разнообразие видов в биоценозах и чем сложнее структура популяций.

Scanned with CamScanner

Надежность обеспечения функций. Главные функции биоценоза в экосистеме, такие, как создание органического вещества, его последующее разрушение и регуляция численности видов, обеспечиваются множеством видов организмов, которые в своей деятельности «подстраховывают» друг друга. Например, разложение целлюлозы (компонента растительных тканей) – могут осуществлять специализированные бактерии, различные виды грибов, личинки насекомых, дождевые черви и т. д. Поэтому численность, например, насекомых могут сдерживать многоядные хищники, при более высокой численности – специализированные паразиты, при еще более высокой – возбудители инфекционных заболеваний.

Таким образом, *главное условие устойчивости всей жизни па Земле состоит в наличии биологического разнообразия.* Поэтому исключительно важно, чтобы на планете сохранялось как можно большее число разнообразных продуцентов, консументов и редуцентов. Вспомним: все нужны всем и все служат всем.

3.6. ИСКУССТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Экосистемы искусственно созданные человеком в его интересах, называются агроценозами (греч. «агрос» – поле). Благодаря деятельности человека, в частности, на землях сельскохозяйственного пользования, возникают особые биоценозы, называемые ***агроценозами,*** которым присущ ряд особенностей, отличающих их от природных биоценозов. Агроценозы занимают примерно 10% всей поверхности суши (около 1,2 млрд. га) и дают человечеству около 90% пищевой энергии.

В агроценозе (например, ржаного поля) складываются те же пищевые цепи, что и в природной экосистеме. Как видно из рисунка 26, на ржаном поле это – ***продуценты*** (рожь и сорняки), ***консументы*** (насекомые, птицы, полевки, лисы) и ***редуценты*** (бактерии, грибы) (рис. 21).

Отличие агроценоза от биоценоза заключается:

– *во-первых*, в пониженном разнообразии, входящих в них видов;

Scanned with CamScanner

– *во-вторых*, в ослабленной способности возделываемых культурных растений противостоять конкурентам (сорнякам) и вредителям;

– *в-третьих*, в дополнительной энергии, которую получают растения (кроме солнечной), благодаря деятельности человека, животных и внесению удобрений и т.д.;

– *в-четвертых*, чистая первичная продукция удаляется с полей практически полностью человеком и не поступает в цепи питания.

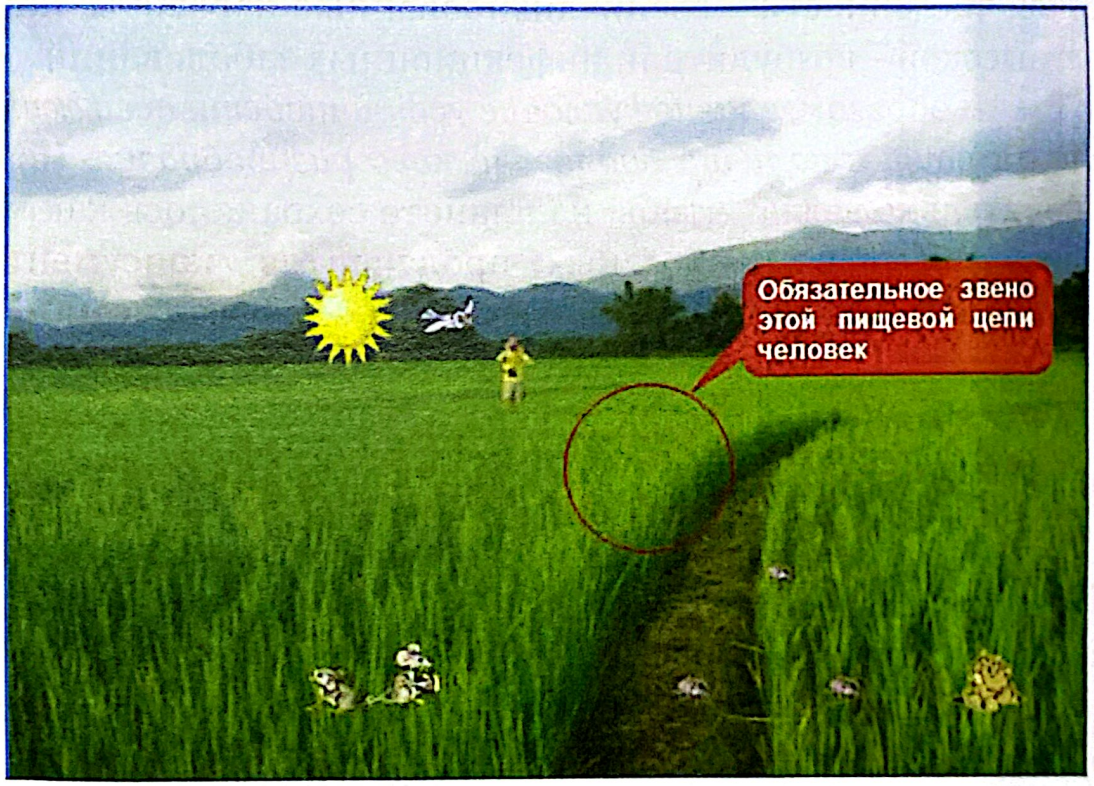


Рисунок 21. *Агроценоз (ржаное поле)*

По сути, на базе таких искусственных экологических систем человек необдуманно стремится создать экологический абсурд: агроценоз должен состоять из одного, реже – двух видов культурных растений, а идеальная для него пищевая цепь – всего из двух звеньев: *«растение–человек»* или *«растение – домашние животные»*. В природе такая система из-за своей неустойчивости невозможна. В постоянной борьбе человека с сорняками и вредителями культурных растений часто возникает эффект *«экологического бумеранга»*. Это совокупность отрицательных,

Scanned with CamScanner

особо опасных явлений, возникающих в окружающей среде в результате неправильной хозяйственной деятельности человека, и которые в конечном итоге оказываются вредными для него самого. Известно, что в современном сельском хозяйстве широко применяются разнообразные химические средства защиты – пестициды. Многие из них не обладают четко направленным избирательным действием: они подавляют и даже уничтожают не только те виды, против которых они предназначены, но и их паразитов и хищников. Поскольку последние занимают более высокие уровни в цепях питания, они оказываются более чувствительными к ядам, чем те виды, которыми питаются. Сохранившаяся после обработки часть вредителей, освобожденная от своих естественных врагов – регуляторов численности, через некоторое время дает новую, еще более высокую вспышку численности. Из этого экологического тупика только один выход: не идти по пути предельного упрощения агроценозов (вплоть до монокультуры), а регулировать в них численность отдельных видов. Рекомендуется, в частности, если возникают цепи питания *«растение – растительноядное насекомое – паразит»,* усилить последнее звено (обеспечив благоприятные условия жизнедеятельности паразита). Такое экологически обоснованное воздействие будет способствовать сохранению урожая. Приведенные выше соображения будут полезны при изучении других искусственных экосистем. В космонавтике, например, экосистемой считают искусственно созданную в герметичной кабине корабля замкнутую биотехническую систему, включающую человека и обеспечивающую биологический (по преимуществу) круговорот веществ при регенерации газовой среды, воды, пищи и минерализации отходов жизнедеятельности организмов. Система жизнеобеспечения, основанная на круговороте веществ и поступлении энергии извне, по существу, есть крайне упрощенная модель естественного биоценоза.

Очевидно, что и такой искусственной экосистеме присущ ряд особенностей, указанных выше для агроценозов; кроме того, для их нормального функционирования, даже в течение ограниченного времени, необходимо постоянное вмешательство человека. В агроценозе круговорот элементов резко нарушается,

Scanned with CamScanner

поскольку значительную их часть человек изымает с урожаем. Поэтому для возмещения их потерь и, следовательно, повышения урожайности культурных растений необходимо постоянно вносить в почву удобрения.

Чтобы более четко определиться с возможностями подобных искусственных экосистем длительно функционировать во времени и пространстве, обратимся к т.н. экологическим законам жизни, из которых первые два были рассмотрены ранее.

Третий экологический закон жизни (по Ю.Н. Куражковскому): каждый вид организмов, поглощая из окружающей среды необходимые ему вещества и выделяя из нее отходы своей жизнедеятельности, изменяет ее таким образом, что среда становится непригодной для его существования.

Четвертый закон органически продолжает третий – постоянное существование организмов в любом ограниченном пространстве возможно лишь в экосистемах, внутри которых отходы жизнедеятельности одних видов организмов утилизируются другими видами. Следовательно, всякая экосистема, способная к длительному существованию, должна включать в себя автотрофы, гетеротрофы и редуценты (сапрофиты), питающиеся отмершим живым веществом. Однако даже такая система не застрахована от гибели.

Пятый закон: устойчивость экосистем определяется соответствием их видового состава условиям жизни и степенью развитости этих систем.

Таким образом, по сравнению с естественными биогеоценозами *агроценозы*:

1. Имеют ограниченный видовой состав растений и животных;
2. Не способны к самообновлению и саморегулированию;
3. Подвержены угрозе гибели в результате массового размножения вредителей или возбудителей болезней;
4. Требуют неустанной деятельности человека по их поддержанию.

В заключение отметим, что согласно *экологической парамиде* (господствующему способу научного мышления), сформулированной в 1977 г. В.Д. Федоровым, именно

Scanned with CamScanner

экосистема есть главный объект современной экологии. На уровне экосистемы живое объединяется с неживым, но все следует рассматривать (по В.Н. Беклемишеву, 1964) как образование живого, так как неживые компоненты входят во все уровни организации живого вещества планеты Земля. Как сказал А.П. Чехов: «Если каждый человек на кусочке своей земли сделал бы все, что он может, как прекрасна была бы земля наша!»

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 4

БИОСФЕРА

4.1. РОЛЬ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

Биосфера, по В.И. Вернадскому, это оболочка Земли, в пределах которой существует жизнь (рис. 22).

Большинство ученых в качестве верхней теоретической границы биосферы указывают озоновый слой, средняя высота которого составляет 25 км. Выше живые организмы погибают от жесткого космического излучения, хотя споры бактерий обнаруживали и на высоте до 70 км.

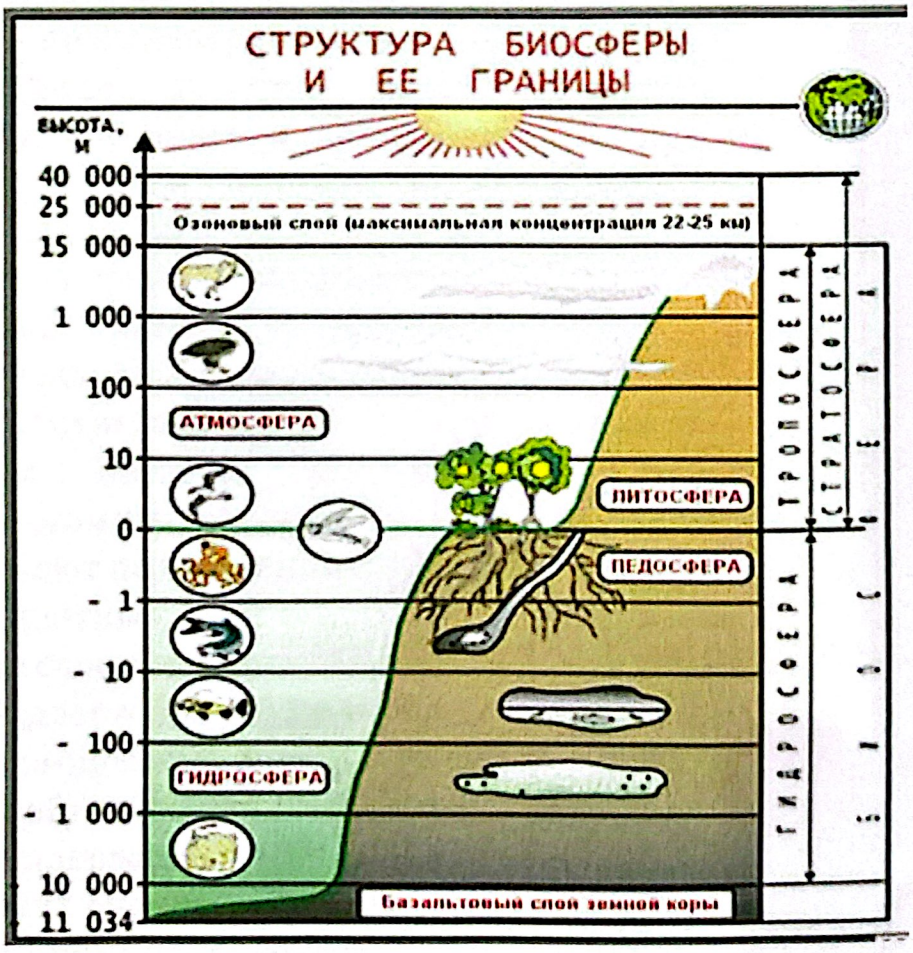


Рисунок 22. *Структура биосферы и её границы*

Scanned with CamScanner

Термин биосфера (от греч. «биос» – жизнь и «сфера» – шар) ввел в науку геолог, профессор Венского университета Эдвард Зюсс в 1875 г. для обозначения области земной поверхности, населенной жизнью.

В своем главном труде «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения» (1965) В.И. Вернадский высказал идею о том, что жизнь – важный фактор развития нашей планеты. В создании земной коры активно участвовали живые организмы; они и сейчас определяют специфику Земли.

Рассмотрим **основные характеристики биосферы:**

1. Биосфера обладает свойством *гомеостаза* – поддержания постоянства физических и химических параметров среды.
2. Биосфера – это *кибернетическая система*, т.е. система, в которой один из элементов (живое вещество) играет определяющую роль в функционировании всей системы.
3. Биосфера имеет *мозаичное и иерархическое строение* – состоит из экосистем различного типа и ранга.
4. Важной характеристикой биосферы является *биологическая миграция элементов и их биологический круговорот.*
5. Важной характеристикой биосферы является *биологическая миграция элементов и их биологический круговорот.*
6. Живые организмы заполняют все пригодные для жизни среды. Эта закономерность отражает *«всюдность жизни».*
7. Относительный баланс процессов образования органического вещества в биосфере и его разложения обеспечивает *постоянство количества живого вещества.*

Постоянство биомассы и состава живого вещества на Земле обеспечивается балансом процессов биосинтеза и разложения (распада) органического вещества, а также биогенной миграцией химических элементов – *биогеохимическими циклами.*

Основным законом геохимии биосферы является *закон биогенной миграции В.И. Вернадского: «миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется, или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция), или же она протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым*

Scanned with CamScanner

веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории».

4.1.1. Общие понятия о живой системе

Живая система при всей сложности ее организации состоит из биологических макромолекул: нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ.

Следует подчеркнуть, что именно с ***молекулярного уровня*** начинаются разнообразные и чрезвычайно сложные процессы, лежащие в основе жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и другие. На ***клеточном уровне*** происходит развитие любого живого организма, сопрягаются такие важнейшие процессы, как передача информации и превращение веществ и энергии.

Элементарной единицей ***организменного уровня*** является отдельная особь. Она рассматривается в развитии (от момента зарождения до прекращения существования), как живая система, где возникают системы органов, которые специализируются на выполнении различных функций (пищеварения, дыхания и т. д.) (рис. 23).

Совокупность особей одного вида, объединенная общим местом обитания составляет **популяционно-видовой уровень** и является уже надорганизменной структурой. Важно подчеркнуть, что именно в этой системе осуществляются элементарные эволюционные преобразования.

На ***биогеоценотическом уровне*** в течение совместного исторического развития организмов разных систематических групп возникают динамичные, довольно устойчивые сообщества.

На ***биосферном уровне,*** *п*оскольку биосфера есть – совокупность всех биогеоценозов, охватывающая все явления жизни, тотона является высшим уровнем организации живой материи, где происходит круговорот веществ и превращение энергии из одного вида в другой.

Scanned with CamScanner

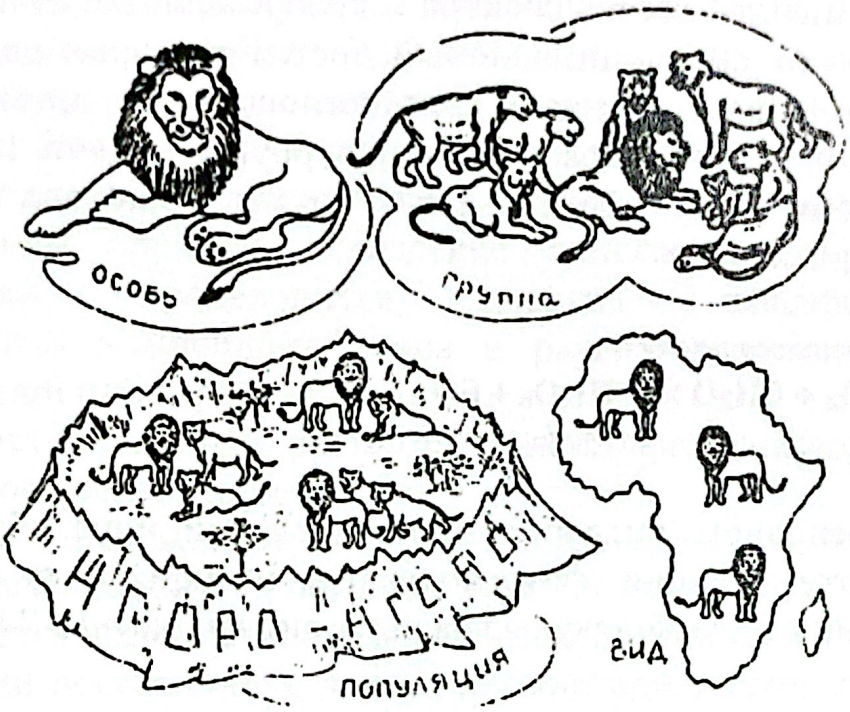


Рисунок 23. *Организменные уровни биосферы*

Биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2% представлена зелеными растениями и 0,8% – животными и микроорганизмами. Напротив, в океане на долю растений приходится 6,3%, а на долю животных и микроорганизмов 93,7% всей биомассы. Жизнь сосредоточена главным образом на суше. Суммарная биомасса океана составляет всего 0,13% биомассы всех существ, обитающих на Земле.

Живые существа способны использовать только два вида энергии – световую (энергию излучения Солнца) и химическую (энергию связей химических соединений, содержащихся в пище и окружающей среде). Этот признак и разделил живые организмы на ***фототрофы и хемотрофы***.

Фотосинтез. Солнечную энергию способны непосредственно использовать только клетки зеленых растений, одноклеточных водорослей, зеленых и пурпурных бактерий. За счет этой энергии они синтезируют органические соединения: углеводы, жиры, белки, нуклеиновые кислоты и др. Такой биосинтез, который происходит благодаря энергии света, и называют фотосинтезом.

Отметим, что зеленый цвет фотосинтезирующих клеток зависит от наличия в них хлорофилла, поглощающего свет в

Scanned with CamScanner

красной и синей частях спектра и пропускающего лучи, которые дают при их смешении зеленый цвет. Некоторые водоросли и бактерии имеют и иные светопоглощающие пигменты, что придает им бурый, красный или пурпурный цвет. Исходными веществами для фотосинтеза служат диоксид углерода атмосферы и вода:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{хлорофилл}]{\text{энергия света}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

В основном, кислород в значительной мере образуется в результате реакции фотосинтеза и находится в свободном состоянии в виде молекулы как показано на рисунке 24 (c).

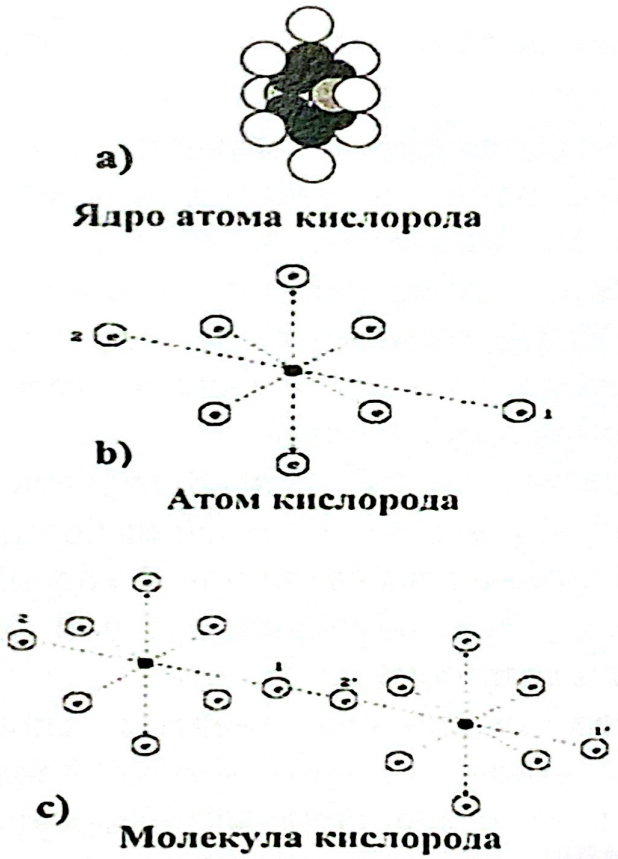


Рисунок 24. *Схематическое изображение кислорода*

Часть синтезируемой при фотосинтезе глюкозы является источником энергии для всех последующих процессов

Scanned with CamScanner

жизнедеятельности растения, в том числе и его роста (развития).

Диоксид углерода захватывается из атмосферы фотосинтезирующими клетками, взамен выделяют в неё кислород. Постепенное наполнение атмосферы кислородом привело к появлению клеток с энергетическим аппаратом нового типа. Таким образом, вследствие окисления органических соединений, производится энергия, способствующая наступлению важнейшего этапа в развитии жизни – этапа кислородной или аэробной жизни.

Планетарная роль растений и иных фотосинтезирующих организмов чрезвычайно велика:

1) они превращают энергию солнечного света в энергию химических связей органических соединений, которая используется всеми остальными живыми существами планеты;

2) они поставляют в атмосферу кислород, который служит для окисления органических веществ и извлечения аэробными клетками запасенной в них химической энергии;

3) наконец, некоторые виды растений в содружестве (симбиозе) с азотфиксирующими бактериями переводят атмосферный азот в состав молекул аммиака, его солей и органических азотсодержащих соединений.

Хемосинтез. Сложные органические вещества для построения своих тел создают не только зеленые растения, но и бактерии, которые не содержат хлорофилла. Процесс *хемосинтеза* осуществляется благодаря энергии, выделяющейся при химических реакциях окисления различных неорганических соединений: сероводорода, водорода, аммиака, оксида железа и др. Образующаяся при этом энергия запасается в форме аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Хемосинтез открыл известный русский микробиолог С.Н. Виноградский. В качестве примера хемосинтеза рассмотрим окисление сероводорода. В водоемах, содержащих сероводород, живут бесцветные серобактерии. Энергию (Е), которая необходима для синтеза органических соединений из диоксида углерода, они получают в результате окисления сероводорода:

$$2H_2S + 0_2 \rightarrow 2H_20 + 2S + E$$

Scanned with CamScanner

Свободная сера, выделяющаяся в результате этого, накапливается в клетках бактерий. Если сероводорода впоследствии не хватает, бесцветные серобактерии производят дальнейшее окисление содержащейся в них свободной серы до серной кислоты:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + E'$$

Образовавшаяся энергия (E') также используется для осуществления синтеза органического вещества из диоксида углерода. В целом энергетический эффект окисления сероводорода до серной кислоты равен 666 кДж на каждый моль сероводорода.

4.1.2. Основные свойства живого вещества

Важнейшим свойством живого вещества является ***обмен веществ, энергии и информации.*** Организм потребляет из окружающей среды энергию и вещества, используя их для жизненно важных реакций, а затем возвращает в среду эквивалентное количество энергии и вещества, но уже в другой форме, менее пригодной для него.

В живой природе обнаружено около 90 химических элементов, т.е. большая часть всех известных на сегодняшний день. Нет никаких специальных элементов, характерных только для живых организмов, поэтому за всю историю существования биосферы атомы большинства элементов, входящих в ее состав, неоднократно прошли через тела живых организмов. На планете Земля имеется ~ 2,5 млн живых веществ.

Живое вещество способно существовать только в потоке непрерывного обмена веществ энергии и информации с окружающей средой. Прекращение движения в этом потоке хотя бы одного из этих компонентов прекращает жизнь организма. Живое вещество состоит почти на 98.8 % из элементов, которые повсеместно присутствуют и в атмосфере, и в гидросфере: кислорода, водорода, азота и углерода. Оставшийся один процент приходится еще на четыре элемента, широко распространенных и весьма подвижных: кальций, калий, магний и кремний. На долю серы, фосфора, хлора, натрия, алюминия и железа приходятся

Scanned with CamScanner

0,2% и лишь 0.01% – на все остальные элементы. Благодаря обмену веществ обеспечивается относительное постоянство химического состава всех частей организма.

Классификация живых организмов

Все разнообразие видов живых организмов биосферы как на рисунке 25 связано между собой через питание.



Рисунок 25. *Живые организмы планеты Земля*

Так как питание, образно говоря, – красная нить экологии, весьма важна классификация живого вещества по способам его осуществления. Соответственно различают **автотрофы, гетеротрофы и миксотрофы** (рис. 26).

Автотрофы (от греч. autos – сам, trophe – питаться) это – организмы, получающие все нужные им для жизни химические элементы из окружающей косной (неживой) материи и не нуждающиеся в готовых органических соединениях другого организма для построения собственного тела. Основной источник энергии, используемый автотрофами – Солнце. Образно говоря, автотрофы являются кормильцами биосферы: они не только питаются сами, но и кормят (своим телом) других. Поэтому их называют ***продуцентами*** а биомассу, создаваемую

Scanned with CamScanner

ими, первичной. Среди автотрофов выделяют *фотоавтотрофы* (используют в качестве источника энергии солнечный свет) и *хемоавтотрофы* (используют энергию, выделяющуюся при окислении неорганических веществ). К автотрофам относятся, например, наземные зеленые растения, водоросли и бактерии, которые способны к фотосинтезу. При этом наземные растения образуют основную массу органического вещества в биосфере.

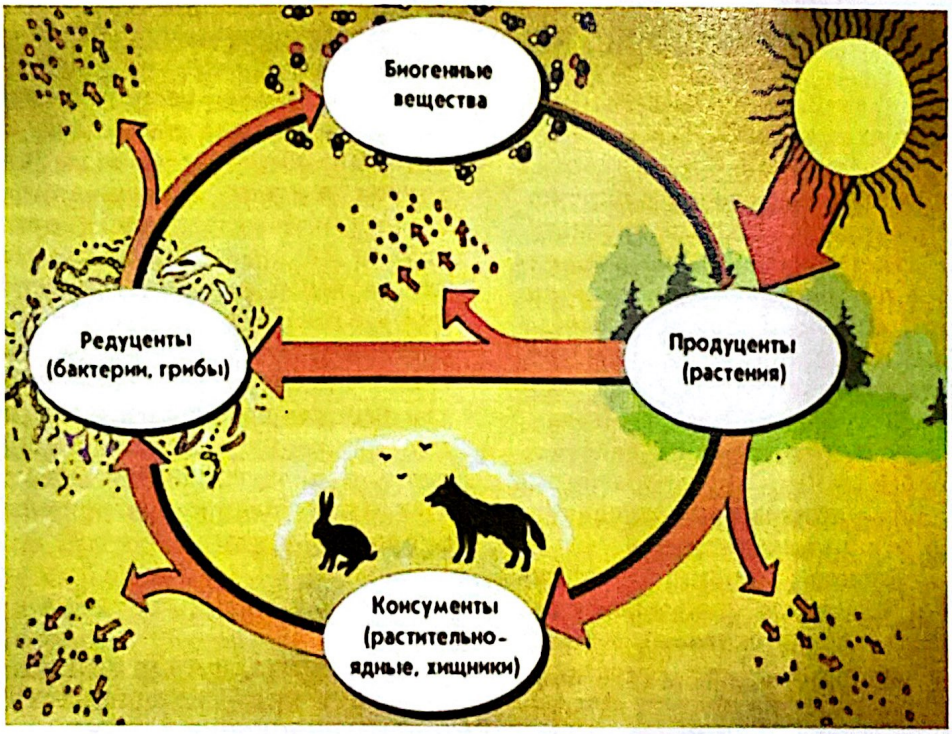


Рисунок 26. *Группа организмов, отличающихся друг от друга по способу питания: продуценты, консументы, и редуценты*

Гетеротрофы (от греч. heteros – другой) – это организмы, использующие для своего питания чужие тела (живые или мертвые), т.е. готовые органические вещества. Очевидно, что жизнедеятельность гетеротрофов полностью определяется синтетической активностью автотрофов.

Среди гетеротрофов выделяют три группы организмов: убивающие объект питания (хищники): питающиеся за счет других организмов, но не убивающие их (паразиты, кровососы): питающиеся отмершей органикой. Гетеротрофные организмы выполняют в экологических системах роль ***консументов*** (от лат. consumo – потребляю) к ним относят всех животных, часть

Scanned with CamScanner

микроорганизмов, паразитических и насекомоядных растений *и* ***редуцентов*** (от лат.reductio – возвращение) – это, главным образом, грибы, бактерии, сапрофаги, некрофаги и др. Последние в процессе своего питания превращают пищу – органические остатки – в неорганические вещества (CO_2, H_2O, микроэлементы), возвращая таким образом их в биосферу. Биомассу, которую образуют гетеротрофы, называют вторичной. Наконец, существуют организмы со смешанным типом питания – миксотрофы (сине-зеленые водоросли и растения-паразиты).

4.2. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ И БИОСФЕРНО-НООСФЕРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ В.И. ВЕРНАДСКОГО

4.2.1. Общие представления о геосферах

При изучении биосферы как особой оболочки земного шара необходимо предварительно ознакомиться со строением Земли. Это даст возможность глубже понять, в каких условиях формировалась жизнь, что ее защищает, а что представляет угрозу ее существованию.

Биосфера – оболочка Земли, заселённая живыми организмами и преобразованная ими, начала формироваться не позднее, чем 3,8 млрд. лет назад, когда на нашей планете стали зарождаться первые организмы. Она проникает во всю **гидросферу,** верхнюю часть **литосферы** и нижнюю часть **атмосферы,** то есть населяет **экосферу** (рис. 27).

Биосфера представляет собой совокупность всех живых организмов. В ней обитает более **3 000 000** видов растений, животных, грибов и бактерий. Человек тоже является частью биосферы, его деятельность превосходит многие природные процессы и как сказал В.И. Вернадский: «Человек становится могучей геологической силой».

При описании Земли выделяют т.н. геосферы – концентрические оболочки планеты различной плотности и химического состава (рис 28). В направлении от периферии к центру Земли различают магнитосферу, атмосферу, земную кору, мантию Земли и ядро Земли.

Scanned with CamScanner



Рисунок 27. *Биосфера – оболочка Земли*

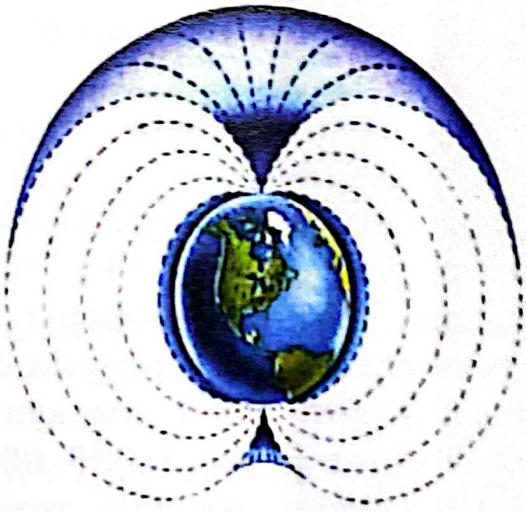


Рисунок 28. *Магнитное поле Земли*

Магнитосфера Земли – область околоземного пространства, граница которой (магнитопауза) определяется равенством давления магнитного поля Земли и динамического давления солнечного ветра. Геомагнетизм обусловливает существование внешнего магнитного поля – магнитосферы. Северный магнитный полюс соответствует положительному знаку т.к.

Scanned with CamScanner

силовые линии поля направлены внутрь Земли, а Южный магнитный полюс отрицательному (силовые линии направлены вовне). В геологическом прошлом полярность время от времени менялась на противоположную. Солнечный ветер (поток элементарных частиц, испускаемых Солнцем) деформи-рует магнитное поле Земли сжимается на обращенное к Солнцу дневной стороне, а на противоположной, ночной – вытягивается в т.н. магнитный хвост Земли. Ниже 1000 км солнечные электромагнитные частицы в тонком верхнем слое земной атмосферы сталкиваются с молекулами кислорода и азота, возбуждая их, в результате происходит свечение, известное как полярное сияние, во всей полноте видимое только из космоса (рис.28).

Наиболее впечатляющие полярные сияния сопряжены с солнечными магнитными бурями, синхронными с максимумами солнечной активности, имеющими цикличность 11 лет и 22 года.

Конфигурация магнитосферы непрерывно меняется, простираясь с дневной стороны до 10–12 *К (К* – земной радиус, около **6370 км**), с ночной – вытянута, в виде магнитного хвоста Земли в несколько сотен К. Она реагирует на проявление солнечной активности, сопровождающейся изменениями в солнечном ветре и его магнитном поле (*магнитные бури*). При этом частицы солнечного ветра, вторгаясь в магнитосферу, вызывают нагрев и усиление ионизации верхних слоев атмосферы, ускорение заряженных частиц, увеличение яркости полярных сияний, возникновение электромагнитных шумов, нарушение радиосвязи и т.д.

4.2.2. Атмосфера – газовая оболочка Земли

Атмосфера – газовая оболочка Земли, которая удерживается планетой посредством силы тяжести и принимает участие в ее суточном и годовом вращении, защищает Землю от перегрева и переохлаждения, попадания на неё опасных для жизни космических лучей.

В настоящее время атмосфера Земли состоит в основном из газов и различных примесей (пыль, капли воды, кристаллы льда, морские соли, продукты горения). Концентрация газов,

Scanned with CamScanner

составляющих атмосферу, практически постоянна (таблица 1, рис. 29).

Таблица 1. *Состав сухого воздуха*

Газ	Содержание по объёму, %	Содержание по массе, %
Азот	78,084	75,50
Кислород	20,946	23,10
Аргон	0,932	1,286
Углекислый газ	$3{,}95 \cdot 10^{-2}$	—
Неон	$1{,}82 \cdot 10^{-3}$	$1{,}3 \cdot 10^{-3}$
Гелий	$4{,}6 \cdot 10^{-4}$	$7{,}2 \cdot 10^{-5}$
Метан	$1{,}7 \cdot 10^{-4}$	—
Криптон	$1{,}14 \cdot 10^{-4}$	$2{,}9 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5 \cdot 10^{-5}$	$7{,}6 \cdot 10^{-5}$
Ксенон	$8{,}7 \cdot 10^{-6}$	—
Закись азота	$5 \cdot 10^{-5}$	$7{,}7 \cdot 10^{-5}$

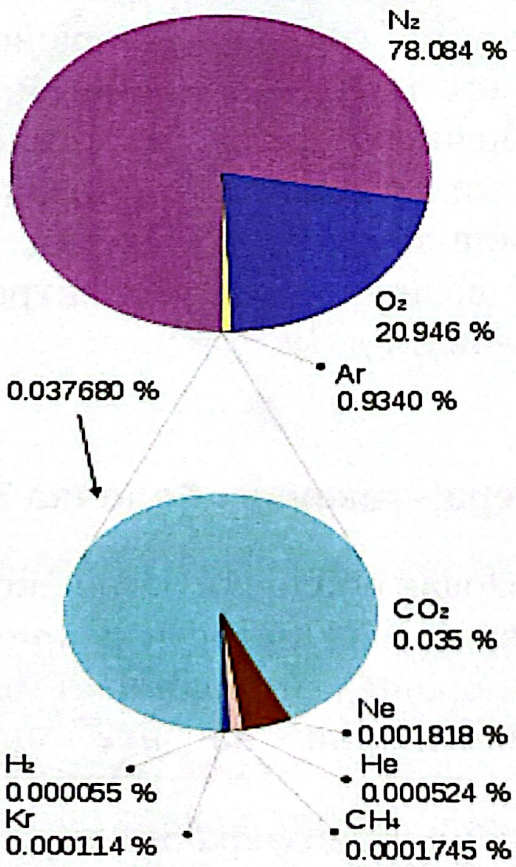


Рисунок 29. *Состав сухого воздуха*

Scanned with CamScanner

Содержание воды в атмосфере (в виде водяных паров) колеблется от 0,2 % до 2,5 % по объёму и зависит в основном от широты. Кроме указанных в таблице газов, в атмосфере содержатся SO_2, NH_3, CO, озон, углеводороды, HCl, HF, пары Hg, I_2, а также NO и многие другие газы в незначительных количествах. В тропосфере постоянно находится большое количество взвешенных твёрдых и жидких частиц (аэрозоль).

Строение атмосферы. Атмосфера Земли состоит из смеси различных газов, водяных паров и пыли. С увеличением высоты плотность воздуха убывает и атмосфера плавно переходит в космическое пространство. Она делится на слои: тропосферу, стратосферу, мезосферу термосферу и экзосферу, которые отличаются температурой, ионизацией молекул и другими параметрами. Наглядно это показано на рисунках 30 и 31.

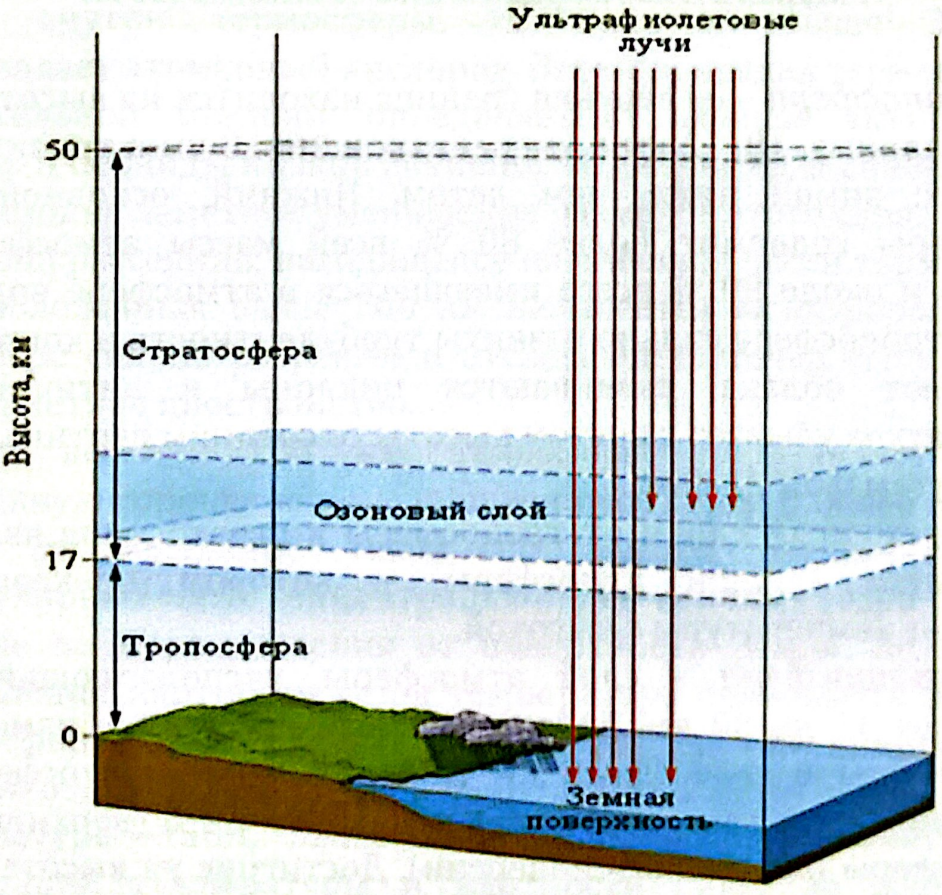


Рисунок 30. *Границы биосферы*

Scanned with CamScanner

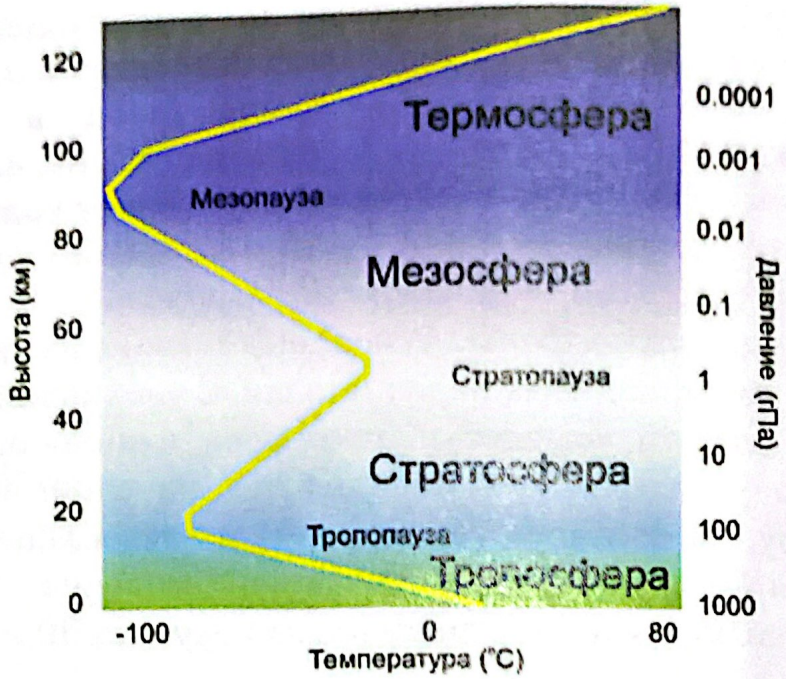


Рисунок 31. *Атмосферные слои до высоты 120 км*

Тропосфера – её верхняя граница находится на высоте 8–10 км в полярных, 10–12 км в умеренных и 16–18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом. Нижний, основной слой атмосферы содержит более 80 % всей массы атмосферного воздуха и около 90 % всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты со средним вертикальным градиентом 0,65°/100 м.

Переходным слоем от тропосферы к стратосфере является *тропопауза* – слой атмосферы, в котором прекращается снижение температуры с высотой.

Стратосфера – слой атмосферы, располагающийся на высоте от 11 до 50 км. Характерно незначительное изменение температуры в слое 11–25 км (нижний слой стратосферы) и повышение её в слое 25–40 км от –56,5 до 0,8°С (верхний слой стратосферы или область инверсии). Достигнув на высоте около 40 км значения около 273К (почти 0°С), температура остаётся постоянной до высоты около 55 км. Эта область постоянной температуры называется стратопаузой и является границей между стратосферой и мезосферой.

Scanned with CamScanner

Мезосфера начинается на высоте 50 км и простирается до 80-90 км. Температура с высотой понижается со средним вертикальным градиентом (0,25–0,3)°/100 м. Основным энергетическим процессом является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбуждённых молекул и т.д. обусловливают свечение атмосферы. Переходным слоем между мезосферой и термосферой является ***мезопауза.*** В вертикальном распределении температуры имеет место минимум (около –90°С).

Термосфера Верхний предел – около 800 км. Температура растёт до высот 200–300 км, где достигает значений порядка 1500 К, после чего остаётся почти постоянной до больших высот. Под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха («полярные сияния») – основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород. Верхний предел термосферы в значительной степени определяется текущей активностью Солнца. В периоды низкой активности, например, в 2008-2009 гг. – происходит заметное уменьшение размеров этого слоя.

Зона рассеяния, находящаяся на внешней части термосферы и расположенная выше 700 км называется ***экзосферой***. Газ в экзосфере сильно разрежён и отсюда идёт утечка его частиц в межпланетное пространство.

До высоты 100 км атмосфера представляет собой гомогенную хорошо перемешанную смесь газов. В более высоких слоях распределение газов по высоте зависит от их молекулярных масс, концентрация более тяжёлых газов убывает быстрее по мере удаления от поверхности Земли. Вследствие уменьшения плотности газов температура понижается от 0°С в стратосфере до – 110°С в мезосфере. Однако кинетическая энергия отдельных частиц на высотах 200-250 км соответствует температуре ~150°С. Выше 200 км наблюдаются значительные флуктуации температуры и плотности газов во времени и пространстве.

На высоте около 2000–3500 км экзосфера постепенно переходит в так называемый ***ближнекосмический*** *вакуум*,

Scanned with CamScanner

который заполнен сильно разрежёнными частицами межпланетного газа, главным образом атомами водорода. Но этот газ представляет собой лишь часть межпланетного вещества. Другую часть составляют пылевидные частицы кометного и метеорного происхождения.

Следует отметить, что на долю тропосферы приходится ~ 80 % массы атмосферы, на долю стратосферы ~20 %; масса мезосферы - не более 0,3 %, термосферы – менее 0,05 % от общей массы атмосферы. В настоящее время считают, что атмосфера простирается до высоты 2000–3000 км.

Воздействие атмосферы на человеческий организм

Уже на высоте 5 км над уровнем моря у нетренированного человека появляется кислородное голодание и без адаптации работоспособность человека значительно снижается. Здесь кончается физиологическая зона атмосферы. Дыхание человека становится невозможным на высоте 9 км, хотя примерно до 115 км атмосфера содержит кислород. Атмосфера снабжает нас необходимым для дыхания кислородом. Однако вследствие падения общего давления атмосферы по мере подъёма на высоту соответственно снижается и парциальное давление кислорода.

В лёгких человека постоянно содержится около 3 л альвеолярного воздуха. Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе при нормальном атмосферном давлении составляет – 110 мм рт.ст., давление углекислого газа – 40 мм рт.ст., а паров воды – 47 мм рт.ст. С увеличением высоты давление кислорода падает, а суммарное давление паров воды и углекислоты в лёгких остаётся почти постоянным – ~87 мм рт.ст. Поступление кислорода в лёгкие полностью прекратится, когда давление окружающего воздуха станет равным этой величине.

На высоте около 19–20 км давление атмосферы снижается до 47 мм рт.ст. Поэтому на данной высоте начинается кипение воды и межтканевой жидкости в организме человека. Вне герметической кабины на этих высотах смерть наступает почти мгновенно. Таким образом, с точки зрения физиологии человека, *«космос»* начинается уже на высоте 15–19 км.

Плотные слои воздуха – тропосфера и стратосфера - защищают нас от поражающего действия радиации. При достаточном разрежении воздуха, на высотах более 36 км,

Scanned with CamScanner

интенсивное действие на организм оказывает ионизирующая радиация – первичные космические лучи; на высотах более 40 км действует опасная для человека ультрафиолетовая часть солнечного спектра.

По мере подъёма на всё большую высоту над поверхностью Земли постепенно ослабляются, а затем и полностью исчезают такие привычные для нас явления, наблюдаемые в нижних слоях атмосферы, как распространение звука, возникновение аэродинамической подъёмной силы и сопротивления, передача тепла конвекцией и др.

4.2.3. Гидросфера и литосфера

Гидросфера – прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и земной корой. Она включает в себя совокупность всех вод планеты: материковых (глубинных, почвенных, поверхностных), океанических и атмосферных. Гидросфера является колыбелью жизни на нашей планете. Она играет огромную роль в формировании природной среды нашей планеты. Земная кора – твердая внешняя оболочка Земли толщиной до 70 км в горных областях, около 30 км под равнинами, 5–7 км под океанами. Верхняя часть земной коры – осадочный слой, он состоит из осадочных пород, средняя – «гранитный» слой (выражен только на материках), нижняя – «базальтовый» слой. Под земной корой располагается мантия (толщиной около 2900 км). Занимает 83% Земли (без атмосферы) по объему и 67% по массе. Мантия Земли состоит, видимо, преимущественно из тяжелых минералов, богатых магнием и железом. С процессами, происходящими в верхней (граничащей с земной корой) мантии Земли, тесно связаны тектонические движения, вулканизмы, горнообразование и др.

Литосфера (от греч. litos – камень) – верхняя твердая оболочка Земли, ограниченная сверху атмосферой и гидросферой, а снизу – астеносферой (слоем пониженной твердости, прочности и вязкости, расположенным в верхней мантии Земли). Таким образом, земная кора и верхняя (твердая) часть верхней мантии Земли составляют литосферу.

Scanned with CamScanner

Мощность литосферы колеблется в пределах 50–200 км. Процесс преобразования литосферы живыми организмами, начавшийся около 450 млн, лет назад, привел к образованию почвы, ее мощность достигает 2–3 м (рис. 32).

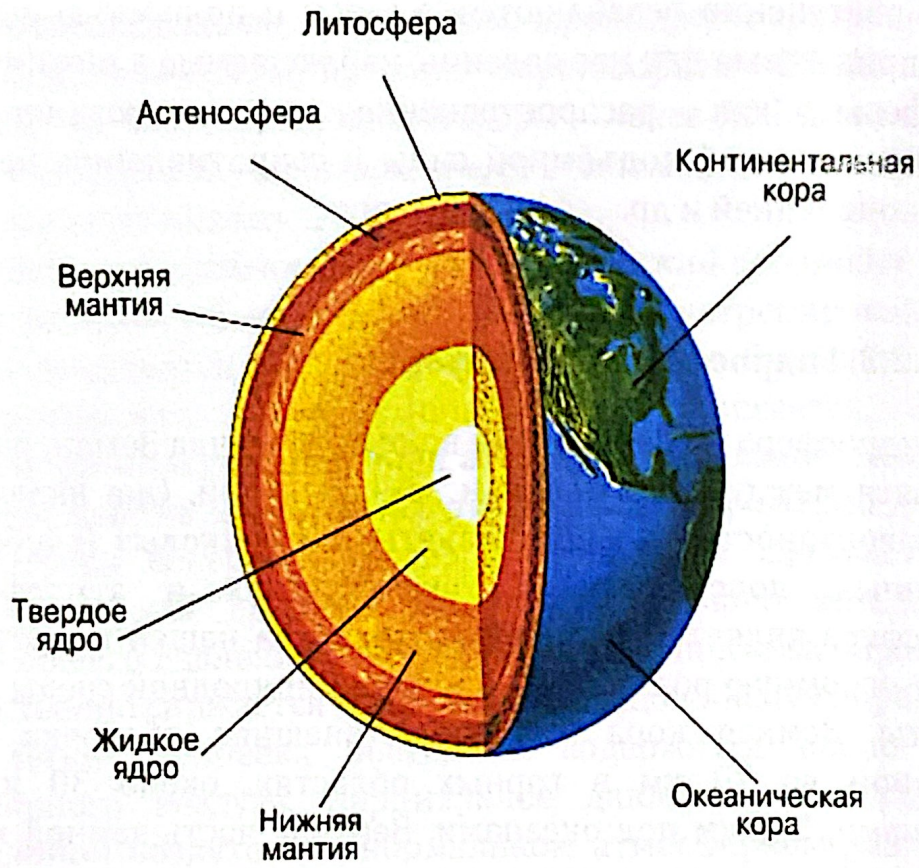


Рисунок 32. *Внутреннее строение Земли*

Ядро Земли – наиболее плотная центральная часть (геосфера) Земли. Его плотность составляет от 9400 кг/м^3 в периферической области до 17 200 кг/м^3 (в два с лишним раза выше, чем у железа) в более глубоких слоях; давление достигает 140–350 ГПа (1,4–3,5 млн атм.), температура 2000–5000°С. Предполагают, что по химическому составу вещество ядра сходно с веществом мантии Земли, но находится в металлическом состоянии. Имеются и другие точки зрения, в основе которых лежит представление о жидком ядре.

Scanned with CamScanner

4.2.4. Состав, строение и границы биосферы

Возникшая около 3 млрд лет назад биосфера ныне включает живые организмы (около 3 млн видов), их остатки, зоны атмосферы, гидросферы и литосферы, населенные и видоизмененные этими организмами. ***Всю совокупность организмов на планете В.И. Вернадский назвал живым веществом,*** рассматривая в качестве его основных характеристик суммарную массу, химический состав и энергию.

В состав биосферы, кроме живого вещества (растений, животных и микроорганизмов), входят:

- ***биогенное вещество*** (продукты жизнедеятельности живых организмов – каменный уголь, битумы, нефть);
- ***биокосное вещество*** (продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами – почвы, кора выветривания, все природные воды, свойства которых зависят от деятельности на Земле живого вещества);
- ***косное вещество*** – совокупность тех веществ в биосфере, в образовании которых, как считается, живые организмы не участвуют (горные породы магматического, неорганического происхождения, вода, космическая пыль, метеориты).

Следовательно, ***биосфера – это та область Земли, которая охвачена или была охвачена влиянием живого вещества***. С современных позиций биосферу рассматривают как наиболее крупную, глобальную экосистему, поддерживающую планетарный круговорот веществ.

Современная жизнь распространена в верхней части земной коры (литосфере), в нижних слоях воздушной оболочки Земли (атмосфере) и в водной оболочке Земли (гидросфере). Вглубь Земли живые организмы проникают на небольшое расстояние. В литосфере жизнь ограничивает, прежде всего, температура горных пород и подземных вод, которая постепенно возрастает с глубиной и на уровне 1,5-15 км превышает 100°С. Наибольшая глубина, на которой в породах земной коры были обнаружены живые бактерии, составляет 4 км. В нефтяных месторождениях на глубине 2-2,5 км бактерии регистрируются в значительном количестве. В океане жизнь распространена до более значительных глубин и встречается даже на дне океанических впадин в 10-11 км от поверхности.

Scanned with CamScanner

Верхняя граница жизни в атмосфере определяется уровнем УФ – радиации. На высоте 25–30 км большую часть ультрафиолетового излучении Солнца поглощает находящийся здесь относительно тонкий слой озона – озоновый экран.

Если живые организмы поднимаются выше защитного слоя озона, они погибают. Атмосфера над поверхностью Земли насыщена многообразными живыми организмами, которые передвигаются в воздухе активным или пассивным способом. Споры бактерий и грибов обнаруживают до высоты 20–22 км, но основная часть аэропланктона сосредоточена в слое до 1 –1,5 км. В горах граница распространения наземной жизни около 6 км над уровнем моря.

Концентрация и активность жизни особенно велика у поверхности нашей Земли. Водоемы заселены по всей толще со сгущениями у поверхности и у дна. Выделяются своим богатством прибрежные и мелководные участки. На суше более 99% живого вещества или биомассы, сосредоточено в слое на несколько метров вглубь и на несколько десятков метров (высокие деревья) вверх от поверхности. Следовательно, жизнь сосредоточена в тончайшей пленке планеты, где и протекают главные процессы взаимодействия живой и неживой (косной) природы. Этот тонкий деятельный слой нередко называют биогеосферой, биогеоценотическим покровом, ландшафтной оболочкой. Места наибольшей концентрации организмов в биосфере В.И. Вернадский назвал «пленками жизни» (рис. 33).

Хотя границы биосферы довольно узки, живые организмы в их пределах распределены очень неравномерно. На большой высоте и в глубинах гидросферы и литосферы организмы встречаются относительно редко. Жизнь сосредоточена, главным образом, на поверхности земли, в почве и в приповерхностном слое океана.

Scanned with CamScanner



Рисунок 31. *Живые организмы в биосфере*

Крайние пределы температур, которые выносят некоторые формы жизни (в латентном состоянии) – от практически абсолютного нуля (–273°С) до +180°С. Давление, при котором существует жизнь – от малых долей атмосферы на большой высоте до тысячи и более атмосфер на больших глубинах. Для ряда бактерий верхние критические точки давления лежат в области 12 тыс. атм. Споры бактерий, конидий и мицелий некоторых грибов не теряют жизнеспособности в условиях высокого вакуума, достигающего 10^{-10}–10^{-14} мм рт.ст. (космический вакуум составляет 10^{-16} мм рт.ст.). Бактерии обнаружены в водах атомных реакторов, некоторые из них выдерживают облучение порядка 2–3 млн рад. При температурах жидкого воздуха (–192°С), гелия (–268,9°С), водорода (–259^{0}С) отдельные бактерии остаются живыми. На основании приведенных данных, можно сделать принципиальной важности вывод: выносливость Жизни в целом к отдельным факторам среды намного шире диапазонов тех условий, которые существуют в границах современной земной биосферы.

Scanned with CamScanner

Следовательно, Жизнь обладает значительным «запасом прочности», устойчивости к воздействию внешней среды и потенциальной способностью к еще большему распространению.

4.2.5. Живое вещество биосферы

Химический состав живых организмов во многом отличается от состава атмосферы и литосферы. Он ближе к химическому составу гидросферы по абсолютному преобладанию атомов водорода и кислорода. Но в отличие от гидросферы, в организмах относительно велика доля углерода, кальция и азота. Живое вещество, в основном, состоит из элементов, являющихся водными и воздушными мигрантами, т.е. образующих газообразные и растворимые соединения. Заслуживает внимания то обстоятельство, что 99,9% массы живых организмов приходится на элементы, которые преобладают и в земной коре, составляя в них 98.8%, хотя и в других соотношениях.

Таким образом, жизнь, по-видимому, есть химическое производное земной коры. В организмах обнаружены почти все элементы таблицы Д.И. Менделеева, т.е. они характеризуются теми же химическими особенностями, что и неживая природа. Элементы, содержащиеся в организмах, группируются не только по количественному принципу, но и по функциональному (физиологическому) критерию. В зависимости от количественного содержания и функциональной значимости элементарный набор организмов делят на три группы: ***макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы***.

Макроэлементы составляют основную массу органических и неорганических соединений живых организмов. Они требуются организмам постоянно и в большом количестве для осуществления жизненного цикла. Концентрация их изменяется от 60 до 0,001% массы тела. ***Это кислород, водород, углерод, азот, фосфор, кальций, калий, сера и др.***

Микроэлементы – преимущественно ионы тяжелых металлов, являющиеся компонентами ферментов, гормонов и других жизненно важных соединений. Они столь же необходимы для жизнедеятельности, как и макроэлементы, но требуются в

Scanned with CamScanner

значительно меньших концентрациях. Содержание их изменяется от 0.001 до 0,00001 % массы тела.

В данную группу входят: ***марганец, бор, кобальт, медь, молибден, цинк, йод, бром, алюминий и другие.*** В зависимости от валентного состояния и структуры электронных уровней роль каждого микроэлемента строго специфична, и поэтому его нельзя заменить в биохимических процессах никаким другим химическим элементом. В силу этого каждый микроэлемент выполняет свою роль без дублеров.

Содержание ***ультрамикроэлементов*** *(к ним относятся* ***уран, радий, золото, ртуть, бериллий, цезий, селен и другие рассеянные и редкие элементы)*** не превышает обычно 0.00001% массы тела. Физиологическая роль их в организмах растений и животных полностью еще не выяснена.

Наземными растениями включено в жизненные циклы не менее 340 млрд. т химических элементов в виде минеральных веществ. Большинство их активно участвует в метаболических (обменных) процессах, а часть находится в связанном состоянии. Важной особенностью минеральных компонентов растений различных групп является регулярно повторяемое вовлечение их в жизненные процессы и возвращение обратно в среду (например, с опадающими листьями и другими отмирающими органами). При этом, чем больше зольность растений и величина их биомассы, тем выше годичный оборот элементов минерального питания. В растительности Мирового океана сравнительно немного химических элементов – $36 \cdot 10^6$ т, т.е. всего 0,01% количества, содержащегося в наземной растительности.

Главной отличительной особенностью *живого вещества* в целом является способ использования энергии. Живые существа – уникальные природные объекты, способные улавливать энергию, которая приходит из Космоса преимущественно в виде солнечного света и удерживать ее в виде сложных органических соединений (биомассы), передавать друг другу, трансформировать в механическую, электрическую, тепловую и другие виды энергии. *Косные (неживые) тела* не способны к столь сложным преобразованиям энергии, они преимущественно рассеивают ее: камень нагревается под действием солнечной энергии, но не может ни сойти с места, ни увеличить свою массу.

Scanned with CamScanner

Другая особенность живых организмов состоит в их уникальной способности к самовоспроизведению, т.е. к производству на протяжении многих поколений форм, практически идентичных по структуре и функционированию.

Живое вещество нашей планеты существует в виде огромного множества организмов разнообразных форм и размеров, со своими индивидуальными признаками.

Живое вещество, достигшее качественно новой, высшей формы развития – формы человеческого общества, получило возможность существования на всем пространстве земной поверхности. Однако, если исходить из закона константности, любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы неминуемо влечет за собой такую же по размеру перемену в другом регионе, но с обратным знаком. При этом высокоразвитые виды и экосистемы вытесняются другими, которые стоят на относительно более низком эволюционном уровне (и крупные организмы заменяются более мелкими), а полезные для человека формы – менее полезными, нейтральными и, подчас, даже вредными.

Итак, живое характеризуется исключительно высокой функциональной активностью. Она связана с его способностью к неограниченному развитию и количественному росту, названному В. И. Вернадским «напором жизни».

4.2.6. Общепланетарные функции живого вещества

В масштабах планеты выделяют пять основных функций живого вещества:

- *энергетическую;*
- *газовую;*
- *концентрационную;*
- *окислительно-восстановительную;*
- *деструкционную.*

Энергетическая функция состоит в осуществлении связи биосферно-планетарных явлений с излучением Космоса и, прежде всего, с солнечной радиацией. Основой указанной функции является фотосинтез, в процессе которого происходят аккумуляция энергии Солнца и ее последующее

Scanned with CamScanner

перераспределение между живыми компонентами биосферы. Накопленная солнечная энергия обеспечивает протекание всех жизненных процессов. За время существования жизни на Земле живое вещество превратило в химическую энергию огромное количество солнечной энергии. При этом существенная часть ее в ходе геологической истории накопилась в связанном виде (залежи угля, нефти и других органических веществ).

Благодаря **газовой функции** происходит миграция газов и их превращение, формируется газовый состав биосферы. Отметим, что преобладающая масса газов на планете имеет биогенное происхождение. Так, кислород атмосферы накоплен за счет фотосинтеза. При этом количество молекул кислорода, выделяемых земными растениями, пропорционально количеству связываемых водой молекул диоксида углерода. Последний поступает в атмосферу при дыхании всех организмов. Другой, не менее мощный его источник – выделение по трещинам земной коры из осадочных пород за счет химических процессов под действием высоких температур.

Концентрационная функция проявляется в извлечении и накоплении живыми организмами биогенных элементов из окружающей среды, которые используются для построения их тел. Концентрация этих элементов в телах живых организмов в сотни и тысячи раз выше, чем во внешней среде.

Окислительно-восстановительная функция заключается в химическом превращении веществ, которые содержат атомы с переменной степенью окисления (это, в основном, соединения железа, марганца и др.). В результате происходят превращения большинства химических соединений, при этом преобладают биогенные процессы окисления и восстановления.

Благодаря ***деструкционной функции*** протекают процессы, связанные с разложением остатков мертвых организмов. При этом происходит минерализация органического вещества, т. е. превращение живого вещества в косное.

Таким образом, живое вещество трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот. Живое вещество определило современный состав атмосферы, гидросферы, почв и, в значительной степени, осадочных пород Земли. В.И. Вернадский писал: «Прекращение

Scanned with CamScanner

жизни было бы неизбежно связано с прекращением химических изменений, если не всей земной коры, то, во всяком случае ее поверхности – лика Земли, биосферы».

Поток энергии в биосфере.

Живая оболочка планеты непрерывно поглощает не только энергию Солнца, но и идущую из недр Земли; энергия трансформируется, передается от одних организмов к другим и излучается в окружающую среду. Следует четко представлять себе, что является источниками энергии в биосфере, куда «текут» энергетические потоки и какова их роль в создании биомассы. Уже отмечалось, что единственным первичным источником внешней энергии на Земле является световое и тепловое излучение Солнца. Ежегодно на земную поверхность падает около $21 \cdot 10^{23}$ кДж энергии. Из этой величины на участки Земли, покрытые растениями, а также на водоемы с содержащейся в них растительностью приходится только около 40%. С учетом потери энергии радиации, вследствие отражения и других причин, а также энергетического выхода фотосинтеза, не превышающего 2%, общее количество энергии, запасаемой ежегодно в продуктах фотосинтеза, выразится величиной порядка $20 \cdot 10^{22}$ кДж. Кроме создания чистой продукции, живой покров суши использует захваченную им энергию Солнца для процесса дыхания. Эти энергетические затраты составляют около 30-40% энергии, расходуемой на создание чистой продукции. Таким образом, растительность суши преобразует суммарно на дыхание и создание чистой продукции около $4{,}2 \cdot 10^{12}$ ~ кДж солнечной энергии в год.

Создание и существование биомассы неразрывно связаны с поступлением энергии и веществ из окружающей среды. Большинство веществ земной коры проходит через живые организмы и вовлекается в биологический круговорот веществ, создавший биосферу и определяющий ее устойчивость. В энергетическом отношении жизнь в биосфере поддерживается постоянным притоком энергии от Солнца и использованием ее в процессах фотосинтеза. Поток солнечной энергии, воспринимаясь молекулами живых клеток, преобразуется в энергию химических связей. В процессе фотосинтеза растения используют лучистую энергию солнечного света для

Scanned with CamScanner

превращения веществ с низким содержанием энергии (CO_2 и H_2O) в более сложные органические соединения, где часть солнечной энергии запасена в форме химических связей. Органические вещества, образованные в процессе фотосинтеза, служат источником энергии для самого растения или переходят в процессе поедания и последующего усвоения от одних организмов к другим: от растений к растительноядным животным, от них – к плотоядным и т. д. Высвобождение энергии, заключенной в органических соединениях, происходит также в процессе дыхания или брожения. Разрушение использованных или отмерших остатков биомассы осуществляют разнообразные организмы, относящиеся к числу сапрофитов (гетеротрофные бактерии, грибы, некоторые животные и растения). Они разлагают остатки биомассы на неорганические составные части (минерализация), способствуя вовлечению в биологический круговорот соединении и химических элементов, что обеспечивает очередные циклы продуцирования органического вещества. Укажем, что содержащаяся в пище энергия не совершает круговорота, а постепенно превращается в тепловую энергию. В итоге поглощенная организмами в виде химических связей солнечная энергия снова возвращается в пространство в виде теплового излучения. Поэтому биосфере требуется постоянный приток энергии извне. Эту важнейшую функцию и выполняет Солнце, обеспечивающее в течение миллиардов лет постоянный поток энергии к биосфере. При этом к Земле приходит коротковолновое излучение (свет), а уходит от нее длинноволновое тепловое излучение. Существенно, что баланс этих энергий не соблюдается: планета излучает в Космос несколько меньше энергии, нежели получает от Солнца. Эту разность (доли процента) и усваивает биосфера, постепенно, но постоянно накапливая энергию. Ее оказалось достаточно для того, чтобы однажды на планете появилась жизнь, возникла биосфера, чтобы и ныне поддерживать все грандиозные процессы развития живого вещества планеты.

Scanned with CamScanner

4.2.7. Продуктивность биосферы

Современная биомасса Земли составляет примерно в 1,841 • 10^{12} т (в пересчете на сухое вещество). При этом, на биомассу суши приходится: ~1,837•10^{12} т., мирового океана ~3,9•10^{9} т. Это связано с меньшей эффективностью фотосинтеза, так как использование лучистой энергии Солнца на площади океана равно 0,04%. на суше – 0,1%. Зеленые растения в биомассе суши составляют 99%, животные и микроорганизмы – 1%. Биомасса на суше распределена не равномерно и возрастает от полюсов к экватору, также возрастает видовое разнообразие.

Вклад разных континентов в общую первичную продукцию суши примерно следующий (Чернова Н.М. и др. 1995 г.): Европа – 6, Азия – 28, Африка – 22, Северная Америка –13, Южная Америка – 26, Австралия с островами Океании – 5%. Если же сравнить продуктивность растений в расчете на 1 га, то она составляет (в процентах от средней по всем континентам) в Европе – 89, в Азии – 103, в Африке – 108, в Северной Америке – 86, в Южной Америке – 220, в Австралии – 90. При этом продуктивность различных экологических систем различна, она зависит от ряда климатических факторов, в первую очередь, от обеспеченности теплом и влагой. Наиболее продуктивны экосистемы тропических лесов, затем следуют обрабатываемые земли, степи и луга, пустыни, полярные зоны.

Укажем, что биомасса Мирового океана почти в 1000 раз меньше, чем суши, хотя его поверхность занимает 72,2% всей поверхности Земли. Однако удельная продуктивность океанических биоценозов настолько высока, что ничтожная по сравнению с сушей фитомасса океанов, создаст ежегодно чистую продукцию, сопоставимую с чистой продукцией на суше. Так, в океанах ежегодно образуется 5,5•10^{10}т растительной массы, что составляет примерно третью часть общей биомассы продукции планеты. Рост и размножение организмов, происходящие в биосфере, обеспечивают биогенную миграцию атомов, которая обусловила в процессе эволюции создание современной природной системы. За сотни миллионов лет растения поглотили огромное количество диоксида углерода и одновременно обогатили атмосферу кислородом.

Scanned with CamScanner

Живые организмы глубоко воздействуют на природные свойства биосферы и всей планеты. Скелеты беспозвоночных образовали такие осадочные породы, как известняк и мел; каменный уголь и нефть образовались из растительных остатков. Биогенное происхождение имеет и почва, которая представляет собой продукт жизнедеятельности микроорганизмов, растений и животных в их взаимодействии с неорганическими компонентами природы. Важно подчеркнуть, что возникновение в процессе эволюции более сложно устроенных, но менее зависимых от изменений среды организмов, а также развитие относительно устойчивых экосистем привело к увеличению скорости движения энергии и веществ в сформировавшихся биогеоценозах. Приведем данные, которые ярко свидетельствуют о «напоре жизни». Суммарная масса живого вещества, которое было на Земле хотя бы в течение 1 млрд. лет, уже превышает массу земной коры. Действительно, биомасса Земли составляет $1{,}84 \cdot 10^{12}$т, т.е. около 0.00001% земной коры ($2 \cdot 10^{19}$т), суммарное количество живого вещества по расчетам равно $1.7 \cdot 10^{20}$ т, т.е. почти на порядок больше массы земной коры. Согласно Н.М. Черновой, если можно было бы собрать всю биомассу, произведенную на Земле за последние 600 млн лет, то она покрыла бы Землю слоем в сотни км. По мнению В.И. Вернадского, вышеуказанная «пленка жизни» длительное время является главной геологической силой, придающей современный облик трем оболочкам Земли: литосфере, гидросфере и атмосфере.

Scanned with CamScanner

Развитие и характер этих оболочек определяйся уже не астрономическими, а антропогенными причинами. Исключение составляют лишь проявления сейсмической и вулканической деятельности, которые порождены глубинными геофизическими слоями Земли.

4.2.8. Основные циклы биохимических круговоротов

Чтобы биосфера продолжала существовать и на Земле не прекращалось развитие жизни, постоянно должны происходить непрерывные химические превращения её живого вещества. Иными словами, вещества после использования одними организмами должны переходить в усвояемую для других организмов форму.

Такая циклическая миграция веществ и химических элементов может осуществляться только при определенных затратах энергии, источником которой является Солнце. Академик В.Р. Вильямс указывал, что единственный способ придать чему-то конечному свойства бесконечного – это заставить конечное вращаться по замкнутой кривой, т. е, вовлечь его в круговорот. Из-за геологических изменений лика Земли часть вещества биосферы может исключаться из этого круговорота. Например, такие биогенные осадки, как каменный уголь, нефть, на многие тысячелетия консервируются в толще земной коры, но в принципе не исключено их повторное включение в биосферный круговорот.

Живые организмы создают в биосфере круговороты важнейших биогенных элементов, которые попеременно переходят из живого вещества в неорганическую материю. Эти циклы делят на 2 основные группы: круговорот газов и осадочные круговороты. В первом случае, главный поставщик элементов – атмосфера (углерод, кислород, азот), во втором – горные осадочные породы (фосфор, сера и др.).

Круговорот веществ в биосфере – это многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере, литосфере, в том числе и тех их слоях, которые входят в биосферу планеты. При этом выделяют два основных круговорота: ***большой*** *(геологический)* и ***малый*** *(биологический)*.

Scanned with CamScanner

Большой круговорот длится миллиарды лет. Горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в том числе, растворимые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлеченными человеком из воды организмами. Крупные, но медленно протекающие геотектонические изменения (опускание материков и поднятие морского дна, перемещение морей и океанов) приводят к тому, что эти напластования извращаются на сушу и процесс повторяется.

Границы ***геологического круговорота*** значительно шире границ биосферы, его амплитуда захватывает слои земной коры далеко за пределами биосферы. И, самое главное, – в процессах указанного круговорота живые организмы играют второстепенную роль. Напротив, биологический круговорот вещества проходит в границах обитаемой биосферы и воплощает в себе уникальные свойства живого вещества планеты.

Будучи частью большого, ***малый круговорот*** осуществляется на уровне биогеоценоза, он заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и жизненные процессы как их самих, так и организмов – консументов. Продукты разложения органического вещества почвенной микрофлорой и мезофауной (бактерии, грибы, моллюски, черви, насекомые, простейшие и др.) вновь разлагаются до минеральных компонентов, опять-таки доступных растениям и поэтому вновь вовлекаемых ими в поток вещества.

Круговорот того или иного химического вещества из неорганической среды через растительные и животные организмы и обратно в неорганическую среду с использованием энергии Солнца и химических реакций называется ***биогеохимическим циклом***.

Биохимический цикл является частью биологического круговорота. Биогеохимические круговороты в биосфере подразделяют на:

1) круговороты газового типа с резервным фондом веществ в атмосфере или гидросфере (азота, кислорода, диоксида углерода, водяных паров);

Scanned with CamScanner

2) круговороты осадочного типа с менее обширными резервуарами в земной коре (фосфора, кальция, железа).

Круговорот кислорода

Кислород играет важнейшую роль в жизни большинства живых организмов на нашей планете. Он необходим всем для дыхания. Кислород не всегда входил в состав земной атмосферы. Он появился в результате жизнедеятельности фотосинтезирующих организмов. Под действием ультрафиолетовых лучей он превращался в озон. По мере накопления озона произошло образование озонного слоя в верхних слоях атмосферы. Озоновый слой[1], как экран, надежно защищает поверхность Земли от ультрафиолетовой радиации, гибельной для живых организмов (рис. 34).

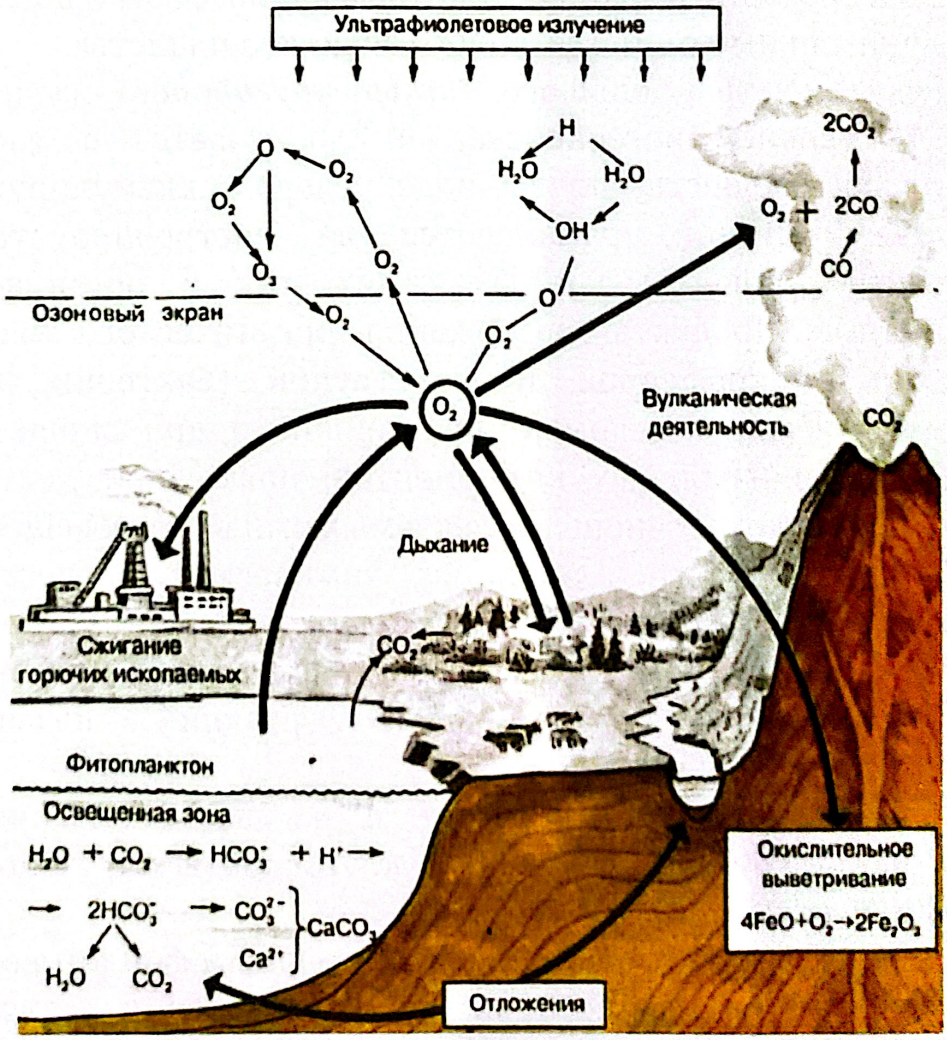


Рисунок 34. *Круговорот кислорода в биосфере*

Круговорот воды

Вода испаряется и воздушными течениями переносится на большие расстояния. Выпадая на поверхность суши в виде осадков, она способствует разрушению горных пород, делает их доступными для растений и микроорганизмов, размывает верхний почвенный слой и уходит вместе с растворенными в ней химическими соединениями и взвешенными органическими частицами в моря и океаны. Циркуляция воды между океаном и сушей представляет собой важнейшее звено в поддержании жизни на Земле (рис. 35).



Рисунок 35. *Круговорот воды*

Круговорот углерода

Источником углерода для фотосинтеза служит углекислый газ, находящийся в атмосфере или растворенный в воде. Диоксид углерода атмосферы ассимилируется наземными растениями в ходе фотосинтеза и включается в состав органических веществ. В

Scanned with CamScanner

процессе дыхания растений, животных и микроорганизмов углерод, содержащийся в организме, вновь переходит атмосферу в виде CO_2. Эти два процесса полностью уравновешены: лишь около 1% углерода, усвоенного растениями, откладывается в виде торфа и удаляется из круговорота. Удивительный факт: всего за 7–8 лет живые организмы пропускают через свои тела весь углерод, содержащийся в атмосфере. Подсчитано, что все зеленые растения Земли ежегодно извлекают из атмосферы до 300 млрд. диоксида углерода (86 млрд. т углерода) (рис. 36).

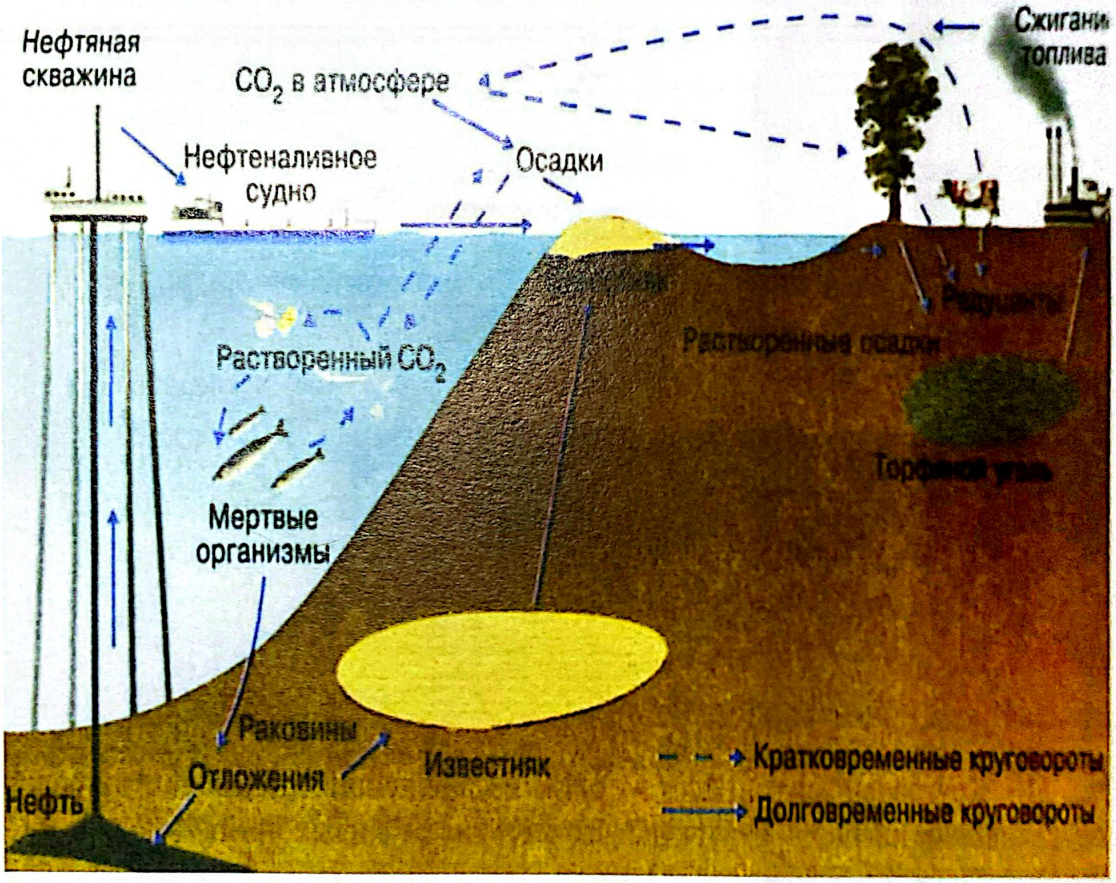


Рисунок 36. *Круговорот углерода*

Круговорот азота

Растения получают азот в основном из разлагающегося мертвого органического вещества посредством деятельности бактерий, которые превращают азот белков в усвояемую растениями форму. Другой источник – свободный азот атмосферы – растениям непосредственно не доступен, но его

Scanned with CamScanner

связывают, т.е. переводят в другие химические формы, некоторые группы бактерий и сине-зеленые водоросли, обогащая им почву. Многие растения находятся в симбиозе с азотфиксирующими бактериями, образующими клубеньки на их корнях.

Из отмерших растений или трупов животных часть азота, за счет деятельности других групп бактерий, превращается в свободную форму и вновь поступает в атмосферу (рис. 37).

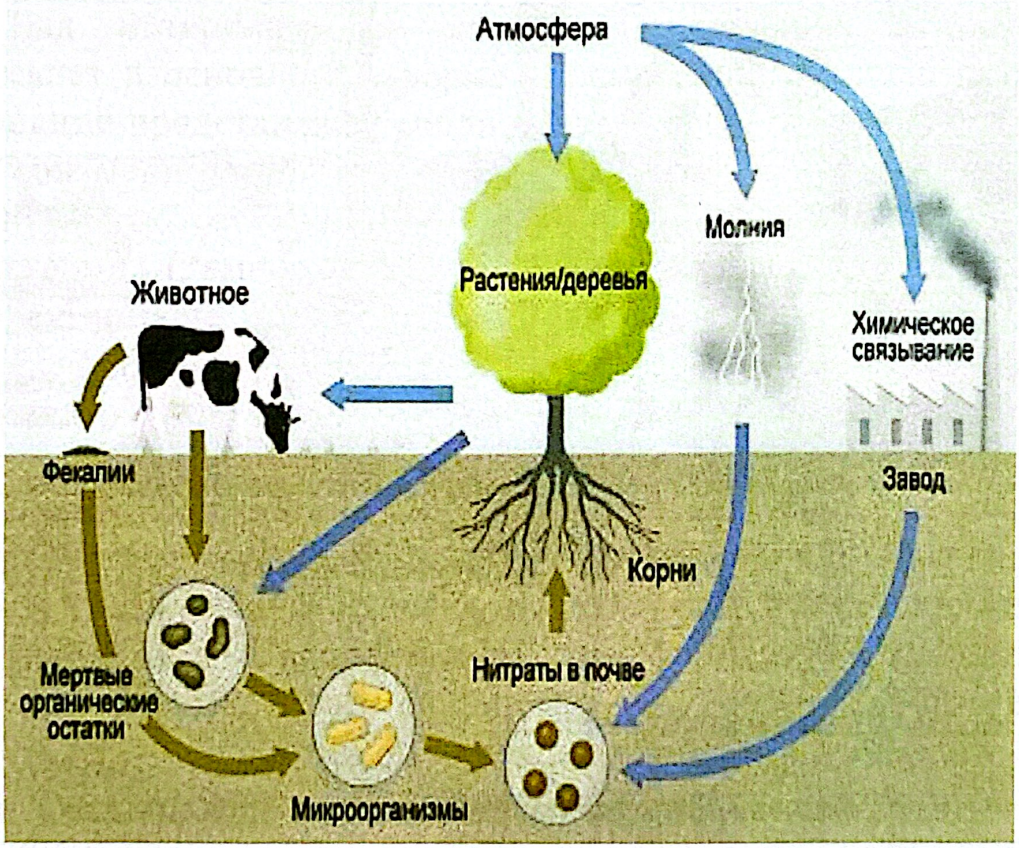


Рисунок 37. *Круговорот азота*

Круговорот фосфора

Фосфор содержится в горных породах. Разрушаясь и подвергаясь эрозии, он поступает в почву, оттуда используются растениями. Деятельность организмов-редуцентов снова возвращает его в почву. Часть соединений фосфора смывается дождями в реки, а оттуда – в моря и океаны и используется водорослями. Но, в конце концов, в составе мертвого

Scanned with CamScanner

органического вещества он оседает на дно и снова включается в состав горных пород (рис. 38).

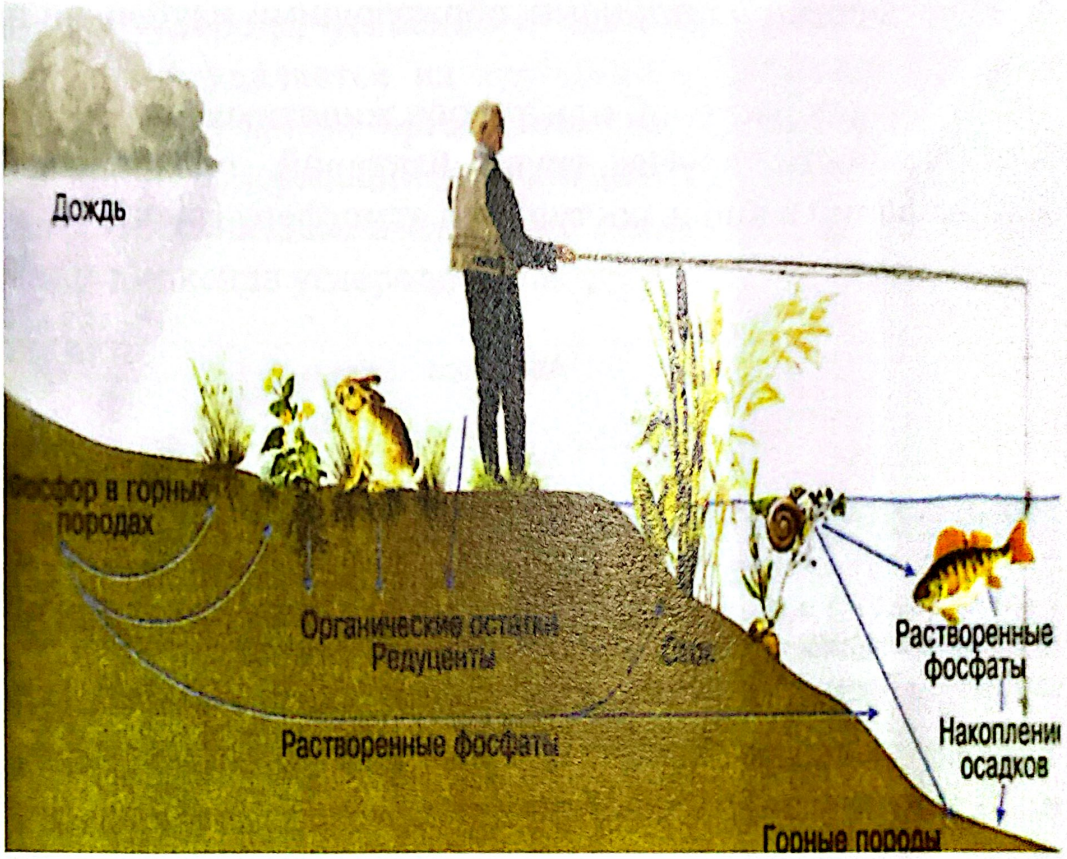


Рисунок 38. *Круговорот фосфора*

4.2.9. Динамика биосферы

К границам биосферы подходят различные виды космических и, прежде всего, солнечных потоков вещества и энергии (видимый свет, тепловые инфракрасные лучи, ультрафиолетовое и радиоактивное излучение, а также коротковолновое и рентгеновское излучение), большая их часть задерживается в верхних слоях атмосферы и на границе ее с космическим пространством. При этом первопричиной динамики биосферы является поток солнечной энергии, поступающей на Землю. Проходя через атмосферу и попутно взаимодействуя с ней, он определяет совокупность климатических процессов. Конкретные состояния климатических процессов в каждом месте, в каждый момент времени называют погодой.

Scanned with CamScanner

Именно постоянные изменения погодных условий служат главной причиной разнообразных колебательных изменений в природе биосферы. Как известно, атмосфера нагревается неравномерно, что, в свою очередь, заставляет воздух постоянно перемешиваться; при этом неоднородность земной поверхности весьма осложняет указанное перемешивание. Здесь необходимо учитывать и воздействие материков и океанов. Так, материки усиливают температурные контрасты: зимой вблизи полюсов они сильнее охлаждаются, а летом в тропиках сильнее прогреваются.

Над материками и океанами циркуляция атмосферы протекает в основном в форме перемещения воздушных масс. Последние представляют собой объемы тропосферного воздуха: они соизмеримы по площадям с материками и океанами и характеризуются сравнительно однородными внутренними свойствами (температурой, влажностью и запыленностью), которые, тем не менее, отличаются от других воздушных масс. Такие свойства воздушные массы приобретают, когда находятся над поверхностью очагов их формирования: северной или тропической Атлантикой, Арктическим морским бассейном, пустынями, умеренными широтами Евразии и т.д. Отметим, что распределение природно-климатических зон на поверхности суши в существенной степени определяется путями движения воздушных масс и скоростью их трансформации. В результате зона смешанных и широколиственных лесов Европы есть следствие наиболее мощных воздействий атлантического воздуха, а пустыни – порождение очага формирования континентального тропического воздуха и т. д. Воздушные потоки и жизни биосферы играют большую роль. Благодаря им доставляются сотни миллиардов тонн воды из океанов, которые далее увлажняют сушу, они же приносят почти весь необходимый для жизненных процессов йод. Однако в результате воздействия многих факторов траектории воздушных потоков периодически отклоняются от средних положений. Из-за этого в различных местах земли наступают заморозки или оттепели, засухи или дожди, стихийные бедствия или, напротив, периоды устойчивости природных факторов.

Scanned with CamScanner

Обязателен учет роли геологических факторов, которые преломляют и конкретизируют влияние изменений погодных процессов на природу. В частности, действие заморозков ослабевает в положительных и усиливается в отрицательных формах рельефа, засуха сильнее проявляется не только на южных, но и на глинистых склонах. Наконец, при прогнозировании последствий изменения погоды нельзя не учитывать роль почвенного покрова и, прежде всего, его замедленную реакцию на изменения погодных условий. Она, в свою очередь, тормозит реакцию растительности на изменения последних, что определенным образом стабилизирует состояние всего живого покрова. Указанное явление торможения проявляется, в частности, в том, что атмосферная засуха может быть весьма сильной, но в почве, тем не менее, имеются запасы влаги, которые остались там от предыдущих лет, поэтому дефицит влаги проявляется не так остро.

Огромную роль в динамике биосферы играют геокосмические ритмы, их значение было показано А.Л. Чижевским. Очевидно, что всякое количественное или качественное изменение в притоке космической энергии сказывается на состоянии исключительно чувствительных передающих систем (атмосферы, гидросферы и литосферы, или почвенного покрова), а затем и на существующей за счет энергии Космоса биосфере. В частности, была установлена связь колебаний численности видов живых существ, урожаев, динамики заболеваемости населения с солнечными процессами. Однако следует иметь в виду, что космические ритмы очень разнообразны. Так, наряду с хорошо изученными 11,5-летними солнечными циклами, существует множество других – от одно-месячных лунных до длящихся миллиарды лет галактических ритмов. Налагаясь друг на друга, эти ритмы оказывают сложные интегральные воздействия на живые организмы, характер которых до сих пор до конца неясен.

Ныне на динамику биосферы огромное влияние оказывает человеческая деятельность. При этом она, согласно Ю.Н. Куражковскому, в отличие от естественных экологических факторов, обусловливает не колебательные, а преимущественно поступательные изменения природы. Так, развитие водного

Scanned with CamScanner

транспорта влечет за собой создание каналов, соединяющих различные речные системы, и соответственно развитие обменов элементами флоры и фауны между водными бассейнами. Что касается колебательных явлений в природе, связанных с человеческой деятельностью, то они весьма редки. Это либо ритмические, часто многолетние процессы смены культурных растений в севообороте, либо аномальные явления, например, сопровождающие военные действия.

4.3. ПОНЯТИЕ О НООСФЕРЕ

В настоящее время антропогенное изменение биосферы зашло слишком далеко, более того, направленность антропогенного воздействия прямо противоположна направленности эволюции биосферы.

Деятельность человеческого общества, если рассмотреть ее объективно, до сих пор направлена на снижение устойчивости биосферы практически по всем направлениям. Усиливая давление на биосферу, человечество истребляет доставшиеся ему богатства природы, отравляет и разрушает окружающую среду. Но, с другой стороны, обладая разумом, человек познает закономерности биосферных процессов и в принципе способен действовать в направлении повышения устойчивости биосферы, поскольку осознает свою неотделимость от нее.

По мнению А.А. Горелова с появлением человека начинается нисходящая ветвь эволюции биосферы: снижаются ее биомасса, продуктивность и информированность. Как полагает Н.Ф. Реймерс, «вслед за прямым уничтожением видов следует ожидать самодеструкции живого. Фактически этот процесс и идет в виде массового размножения отдельных организмов, разрушающих сложившиеся экосистемы».

Что же такое человечество? Естественное ли это продолжение природы и венец ее творения или оно представляет собой инородное тело, жизнедеятельностью своей несущее гибель всем другим существам, своего рода раковая опухоль в организме природы? Такая постановка вопроса логически оправдана, ибо в биосфере нет такого вида, который фактически осознанно подрывал бы устои своего существования.

Scanned with CamScanner

В свете этого приобретает особую значимость осознание человеком своих биосферных функций, иначе говоря, смысла его жизни в рамках биосферы.

Деятельность человеческого общества, если рассмотреть ее объективно, до сих пор направлена на снижение устойчивости биосферы практически по всем направлениям. Стихийно, по сути, развиваясь, усиливая давление на биосферу, оно истребляет доставшиеся ему богатства природы, отравляет и разрушает окружающую среду. Но, с другой стороны, обладая разумом, человек познает закономерности биосферных процессов и в принципе способен действовать в направлении повышения устойчивости биосферы, поскольку осознает свою неотделимость от нее.

С целью определения и обозначения особого этапа в истории планеты Земля, при котором именно научное познание, а не стихийные силы и неразумное поведение будет направлять развитие системы «общество – природа», француз Э. Леруа в середине 20-х годов XX века предложил термин «ноосфера» (греч. nóos – *разум* и сфера – *шар*, сфера разума). Несколько позже философ П. Тейяр де Шарден, развивая концепцию ноосферы, выделил в развитии планеты следующие, последовательно сменяющие друг друга стадии: преджизнь (предбио-сфера), жизнь (биосфера) и «феномен человека», т,е. собственно ноосфера. Причем ***ноосфера*** – это своего рода обволакивающий планету пласт мыслей, она возникает и развертывается вне биосферы. Ноосфера – предположительно новая, высшая стадия эволюции биосферы, становление которой связано с развитием общества, оказывающего глубокое воздействие на природные процессы.

Подлинным основателем современного ***учения о ноосфере*** является В.И. Вернадский (рис. 39), который внес новое содержание в это понятие, указав, что ноосфера – такое же материальное образование, как и биосфера – закономерный и неизбежный этап развития самой биосферы, этап разумного регулирования взаимоотношений человека и природы.

Одной из ключевых идей, лежащих в основе теории Вернадского о ноосфере, является то, что человек не является самодостаточным живым существом, живущим отдельно по

Scanned with CamScanner

своим законам, он сосуществует внутри природы и является частью ее. Это единство обусловлено, прежде всего, функциональной неразрывностью окружающей среды и человека, которую пытался показать В.И. Вернадский как биогеохимик. Человечество само по себе есть природное явление и естественно, что влияние биосферы сказывается не только на среде жизни, но и на образе мысли.



Рисунок 39. *В.И. Вернадский – основатель учения о ноосфере*

Человек может и должен перестраивать своим трудом и интеллектом «область своей жизни», но при этом обязан сохранять те условия биосферы, которые обеспечивают ему жизнь. Будучи естественным порождением разума человека, ноосфера в своем развитии должна основываться на высшем проявлении интеллекта – научном познании.

Вернадский перебросил мост над пропастью, отделяющей естествознание от истории, творимой самими людьми. ***Ключевая идея*** *– переход возникшей на Земле биосферы в ноосферу, то есть в царство Разума, не локальный эпизод на задворках бескрайней Вселенной, а закономерный и неизбежный этап развития материи, этап естественно-исторический.*

Ноосфера, *подобно человеку, её носителю и творцу*, имеющему тело, душу, и дух, также имеет трёхчастное строение:

- её ***тело*** – **Техносфера**, объединяющая все средства переработки энергии и вещества, транспорта и коммуникаций, созданные совокупной мыслью человечества;

Scanned with CamScanner

- ***душа*** – **Социосфера**, включающая всю совокупность отношений между людьми и общественными структурами, вплоть до межгосударственных отношений;

- ***дух*** – **Идеосфера**, сфера идеальных продуктов деятельности человечества, таких, как искусство, наука, религия, мифологические формы сознания.

Если согласиться с тем, что биосферная функция человека должна заключаться в поддержании целенаправленного развития биосферы, её он может выполнить только в эпоху ноосферы. При переходе биосферы в ноосферу перед человечеством возникает огромная по масштабам и значению задача – научиться сознательно регулировать взаимоотношения общества и природы. Только целесообразная, осознанная и планомерная деятельность людей может обеспечить гармоническое развитие природы и общества, не ограниченное во времени. При этом ***ноогенез – этап становления ноосферы*** – предполагает развитие не только биосферы и общества, но и каждой отдельной личности.

Ноосфера – утопия или реальная стратегия выживания? Труды Вернадского позволяют более обоснованно ответить на поставленный вопрос, поскольку в них указан ряд конкретных условий, необходимых для становления и существования ноосферы. Перечислим эти условия:

1. Заселение человеком всей планеты.
2. Резкое преобразование средств связи и обмена между странами.
3. Усиление связей, в том числе политических, между всеми странами Земли.
4. Начало преобладания геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере.
5. Расширение границ биосферы и выход в космос.
6. Открытие новых источников энергии.
7. Равенство людей всех рас и религий.
8. Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики.
9. Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений и

Scanned with CamScanner

создание в государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли.

10. Продуманная система народного образования и подъем благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания и голода, нищеты и чрезвычайно ослабить болезни.

11. Разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать её способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения.

12. Исключение войн из жизни общества.

Таким образом, **ноосфера** – высшая стадия развития биосферы. Анализируя трагические последствия многих деяний человечества, весьма трудно согласиться, что биосфера уже вступила в стадию разумного, а не стихийного управления. Известный эколог Ю. Одум (1986 г.) считает, например, что, несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Об этом свидетельствует множество экологических проблем, возникших на нашей планете. Поэтому ряд ученых полагает, что ныне правильнее говорить лишь о начальной стадии развития ноосферы – ***протоноосферы*** – которая, развиваясь на базе ***техносферы***, конечно, имеет принципиальное отличие от ее возможного состояния – **ноосферы,** что зависит только от человека (рис. 40)

Согласно этому учению, человеческий разум, деятельность и научная мысль становятся определяющим фактором развития, мощной силой, сравнимой по своему воздействию на природу с геологическими процессами. Однако, несмотря на то, что учение это было сформировано почти сто лет назад, до сих пор представления о ноосфере остаются крайне противоречивыми. С одной стороны, ноосферное учение признаётся, как величайшее научное достижение, более того, как ***основной закон социальной экологии***. С другой стороны, это светлая, но утопическая мечта об управляемой человеческим разумом окружающей среде.

Scanned with CamScanner

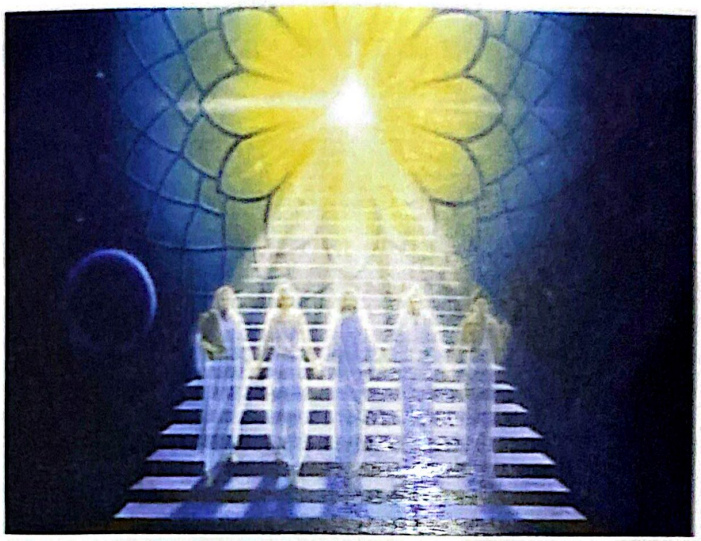


Рисунок 40. *Ноосфера – высшая стадия развития биосферы*

В концепции ноосферы сложно переплелись материалистические и религиозно-философские взгляды на роль и предназначение человечества, человеческой мысли в окружающем мире. Она естественна и закономерна для христианского мировоззрения, которое веками формировалось под знаком безусловного права человека на владение всеми богатствами природы, дарованного свыше. Ключевые положения концепции ноосферы В.И. Вернадский сформулировал следующим образом:

а) человечество – великая геологическая сила;

б) эта сила есть разум и воля человека, как существа социально организованного;

в) облик планеты изменён человеком настолько глубоко, что оказались затронутыми её биогеохимические круговороты;

г) человечество эволюционирует в сторону обособления от остальной биосферы.

Вернадский видел и предсказывал отрицательные последствия антропогенного воздействия на природу. В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймёт это, и не будет употреблять свой разум и труд на самоистребление.

С точки зрения концепции ноосферы эволюция человеческого общества представляется как совокупная эволюция умственных способностей человека, освоения всё более эффективных источников энергии, орудий и технологий труда, науки и культуры.

Scanned with CamScanner

На протяжении 2 млн. лет, с момента выделения человека из животного состояния, развивалось первобытное общество. Численность населения была невелика. Человеческое общество ещё являлось частью природных экосистем, и разрушение биосферы носило незначительный, узколокальный характер. С развитием производящего хозяйства (земледелия и животноводства) сопровождаемого возрастанием численности населения и ростом крупных городов, разрушение биосферы увеличивается от локальных до крупных региональных размеров.

Примерно 200 лет назад начался промышленный период. Рост технического развития сопровождался быстрым увеличением потребления энергии. Бурно развивались науки и культура. Произошел демографический взрыв. Развитие человеческого общества сопровождалось лавинной деградацией биосферы. Экологический кризис к концу XX века достиг глобальных масштабов.

Человечество постепенно приходит к осознанию того, что развитие промышленного производства, если осуществлять его, не обращая должного внимания на природные факторы, порождает явления, разрушительный потенциал которых сопоставим с применением оружия массового поражения. Наряду с регулированием региональных конфликтов, преодолением экономической отсталости, решение экологических проблем является важнейшим фактором борьбы за выживание человечества.

Если согласиться с тем, что биосферная функция человека должна заключаться в поддержании целенаправленного развития биосферы, её он может выполнить только в эпоху ноосферы. При переходе биосферы в ноосферу перед человечеством возникает огромная по масштабам и значению задача – научиться сознательно регулировать взаимоотношения общества и природы. Только целесообразная, осознанная и планомерная деятельность людей может обеспечить гармоническое развитие природы и общества, не ограниченное во времени. При этом ***ноогенез – этап становления ноосферы*** предполагает развитие не только биосферы и общества, но и каждой отдельной личности.

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 5

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА – ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

5.1. ВНЕШНИЕ ЗАЩИТНИКИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Уникальность и, возможно, неповторимость нашей планеты состоит в том, что на ней есть жизнь, которая пронизывает не только водную и воздушную сферы, но и часть земной толщи. Что же позволяет жизни на всех ее формах и проявлениях быть достаточно устойчивой во времени и пространстве? В попытке ответить на этот весьма сложный вопрос следует учесть, что жизнь в значительно большей степени есть явление космическое, нежели земное. Результаты исследований последних лет показывают, что строение, эволюция биосферы, как и устойчивости последней, предопределены начальными условиями, которые существовали до современного состояния Вселенной, и самим происхождением Космоса.

Магнитное поле Земли (рис.28). Подсчитано, что каждую секунду на площадку в $1м^2$ через границу атмосферы из Космоса в направлении земной поверхности влетают более 10 тысяч заряженных частиц со скоростями, близкими к световой. Характеризуясь огромной энергией, космическое излучение способно за относительно короткий срок разложить на ионы и электроны весь воздух атмосферы и уничтожить жизнь на планете. Однако этого, к счастью, не происходит. Дело в том, что Земля представляет собой своеобразный магнит, его силовые линии окружают земной шар и образуют вокруг него магнитосферу, которая защищает живые организмы от солнечного ветра. Но некоторые частицы солнечной плазмы с высокой энергией могут проникать сквозь радиационные пояса и даже достигать биосферы. Итак, магнитное поле есть важнейший защитник жизни на Земле, без которого она не смогла бы зародиться в прошлом, не смогла бы сохраниться в настоящем. Но наряду с этим, есть и другие факторы стабильности, порожденные самим живым веществом биосферы.

Scanned with CamScanner

Озоновый слой (озоносфера). Важнейшим фактором возникновения и развития биосферы стало создание автотрофными организмами кислородной среды на стыке трех оболочек Земли: литосферы, гидросферы и атмосферы. С появлением такого химического активного элемента, как кислород в свободном, т. е. молекулярном состоянии, существенно изменились процессы минералообразования в поверхностных слоях геологической оболочки планеты, а следовательно, резко изменились и все химические факторы существования живого вещества. С другой стороны, наполнение атмосферы кислородом способствовало и появлению в ней озона.

Образование озона в верхней стратосфере связано с реакцией фотодиссоциации поступающего туда молекулярного кислорода под влиянием коротковолнового (менее 242 нм) ультрафиолетового излучения Солнца:

$$O_2 \xrightarrow{h\nu} O + O.$$

Взаимодействие образовавшегося атомарного кислорода с молекулой последнего (в присутствии третьих частиц—катализаторов **М**) ведет к образованию озона:

$$O + O_2 + M > O_3 + M.$$

Основное количество озона сосредоточено в стратосфере на высотах 15–25 км (верхняя граница его распространения – до 45 км), где он образует озоновый слой, или озоносферу. Основная масса озона образуется в экваториальной зоне и распространяется затем атмосферными движениями к полюсам непосредственно. У поверхности Земли озон появляется только во время грозовых разрядов. Расчеты показали, что если все содержащиеся в атмосфере молекулы озона равномерно распределить над поверхностью Земли, то толщина образовавшейся оболочки составит лишь около 3 мм для среднегодовых среднеглобальных условий (т.е. при температуре у поверхности Земли 15°С и давлении 1 атм.). Для сравнения, толщина слоя, образованного всеми газами земной атмосферы

Scanned with CamScanner

при тех же условиях, составит примерно 8 км. Несмотря на крайне низкое количественное содержание, этот газ имел и продолжает иметь неоценимое эколого-биологическое значение, так как озоновый слой является охранным щитом от жесткого, короче 80 нм, УФ-излучения, крайне опасного для всего живого на планете. Если общее содержание озона сократится всего лишь на 10–20%, то на каждый такой процент придется 2% увеличение потока в вышеуказанной полосе УФ-излучения. Возникновение озонового экрана, отгородившего поверхность Земли от химически активной радиации, резко изменило ход эволюции живого вещества. В условиях протобиосферы (первичной биосферы) бурно возникали и многообразно изменялись все новые формы живого вещества, происходило быстрое накопление генофондов. Под озоновым шитом мутагенез и генообразование существенно ослабли, началась относительно спокойная эволюционная реализация достигнутого, отбор лучших генетических комбинаций, время от времени дополнявшихся мутациями, чаще всего ограниченными. Образно говоря (по Ю.Н. Куражковскому), время протобиосферы – это эра созидания жизни, созидания, сопровождавшегося отбраковкой, уничтожением колоссального числа эволюционных, часто неудачных проб природы. Время биосферы – это время сохранения и совершенствования лучшего из достигнутого, в чем и сыграл огромную роль порожденный живым веществом планеты озон.

Наконец, укажем также, что благодаря наличию кислорода в атмосфере сгорает (окисляется) огромное, исчисляемое миллионами тонн количество космического вещества (метеориты, кометы и т.п.). В противном случае постоянная бомбардировка поверхности планеты создала бы для живых организмов, в т.ч. и человека, множество проблем. Уместно вспомнить поверхность безатмосферной Луны, покрытую оспинами малых и больших кратеров.

Редуцентное звено биосферы. Кроме рассмотренных внешних защитников, есть малозаметные или даже невидимые хранители жизни. Ткани и органы отмерших растений и животных под воздействием специфических организмов – редуцентов подвергаются деструкции, т.е. распадаются.

Scanned with CamScanner

Вещества, которые входили в их состав, вновь становятся доступными для повторного усвоения.

Существуют три основных пути возвращения питательных веществ в новые циклы поглощения. Первым соответствует пищевой цепи пастбищного типа, второй путь характерен для степей, лесов умеренной зоны и других сообществ, в которых основной поток энергии идет через детритную пищевую цепь. Третий путь – прямая передача питательных веществ от растения к растению т. н. симбиотическими организмами.

Подчеркнем: важнейшим свойством любой экосистемы, а следовательно, и экосистемы высшего уровня, т.е. биосферы, является участие её живых компонентов в разложении остатков растительной биомассы. Их разложение и последующая минерализация (превращение в относительно простые неорганические вещества) – необходимые условия нормального хода биопродукционного процесса. В результате высвобождаются химические элементы, которые были связаны в растительной органике, благодаря чему они вновь вовлекаются в круговорот веществ, предотвращая истощение ресурсов питания растений, а подчас и способствуя их восстановлению.

Следует отметить, что разложение (деструкция) является процессом, в котором участвует вся биота совместно с абиотическими факторами, он протекает благодаря взаимосвязи и взаимозависимости всех звеньев пищевой цепи. При этом между ними, от первого к последнему звену цепи, происходит передача вещества и Энергии. Без этого, крайне необходимого для функционирования живых систем, процесса все питательные вещества оказались бы связанными в мертвых телах, и дальнейшее развитие живых существ было бы невозможно. Достаточно сказать, что более 90% энергетических запасов веществ, которые содержатся в телах растений и животных, потребляются после их отмирания. Так, останки животных поедаются животными – некрофагами (мухами, жуками, некоторыми птицами и млекопитающими). Однако ни один вид сапротрофов (поедателей мертвой биомассы) не способен осуществить полное и окончательное разложение мертвого тела. В процессе разложения участвуют (одновременно или поочередно) многочисленные беспозвоночные животные, грибы,

Scanned with CamScanner

бактерии, которые составляют вместе редуцентное звено глобальной экосистемы. В частности, грибы осуществляют деструкцию клеточных оболочек растений; мелкие животные размельчают и при этом частично разрушают растительные и животные остатки. Окончательное разложение до исходных веществ (воды, диоксида углерода и др.) преимущественно осуществляют редуценты – бактерии. При этом жизнедеятельность всех организмов, которые входят в редуцентное звено, осуществляется благодаря использованию энергии тех веществ, которые ранее не смогли усвоить консументы, фитофаги и зоофаги.

Рассмотрим подробнее процессы, протекающие при попадании мертвого органического вещества в почву. В ее разновидности последнего подвергаются в ней биологическому разложению и окислению – гумификации и, в конце концов, превращаются в довольно стабильную субстанцию почвы – гумус. Таким образом, образование гумуса, обеспечивающего плодородие почв, есть следствие биохимических ферментативных процессов, которые осуществляются обитателями почвы. Любопытно, что наибольшей биомассой среди животных организмов биосферы обладают обитатели почвы. Если предположить (К.М. Сытняк и др., 1987 г.), что среднем биомасса почвенной фауны составляет 0,3 т/га, то на площади 80 млн. км^2 почвенного покрова (без пустынь) суммарная биомасса почвенных животных всего земного шара составит 2,4 млрд т.

Численность и масса деструкторов может достигать значительных величин (табл. 2).

Таблица 2. *Численность и масса организмов-деструкторов (Н.С. Архангельский,1971 г.)*

Группа организмов	Количество (млн.) в 1 г почвы	Масса, т/га
Бактерии	600	10
Микроскопические грибы	0.4	10
Водоросли	0,1	0,1
Простейшие (в 1 мл воды)	1,5	0.37

Scanned with CamScanner

Во многих почвах распространены дождевые черви, количество которых может достигать под пашнями 250 тысяч, а под сенокосом 2–5.6 млн штук/га при массе соответственно 50-140 и 2 тыс. кг. Черви ежегодно пропускают через свой пищеварительный тракт до 85 т/га органического вещества, которое в переработанном виде служит исходным продуктом для образования гумуса.

Вышеуказанные примеры говорят о той громадной, хотя и не заметной для человека деятельности, которую осуществляют живые организмы – деструкторы. Ученые подсчитали: при потере биосферой только микроорганизмов–деструкторов скопилось бы такое количество отбросов, при котором жизнь стала бы невозможной уже через десять лет.

Внешние воздействия и стабильность биосферы. Потоки космической энергии создают на Земле условия жизни. Земля, а значит и ее биосфера, теснейшим образом связаны с Космосом обеспечивающей жизнь. При этом находящиеся за пределами биосферы магнитное поле Земли, возникшее задолго до появления жизни, а также озоновый экран, являющийся порождением живого вещества планеты, защищают жизнь на ней от губительного космического излучения и интенсивной солнечной радиации. С другой стороны, находясь, образно говоря, между молотом и наковальней (снаружи – враждебный Космос, внутри Земли – огромное раскаленное ядро), жизнь активно ищет пути поддержания своего существования и развития. Отсюда следует вывод, что стабильное состояние биосферы обусловлено в первую очередь деятельностью самого живого вещества, обеспечивающей определенную скорость фиксации солнечной энергии и биогенной миграции атомов. Жизнь на планете Земля сама стабилизирует условия своего существования, и, согласно В.И. Вернадскому, живое вещество «как бы само создает себе область жизни». Это закладывает основу для длительного ее развития. Здесь уместно привести принцип Ле Шателье-Брауна: при внешнем воздействии, выводящем экологическую систему из состояния устойчивого равновесия, равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется.

Scanned with CamScanner

Однако стабильность биосферы имеет определенные пределы, и нарушение ее регуляторных возможностей чревато серьезными последствиями. На это, в частности, указывает правило одного процента: изменение энергетики природной системы в среднем на 1% выводит её из состояния гомеостаза (равновесия). Данное правило подтверждается исследованиями в области глобальной климатологии и других геофизических, а также биофизических процессов. Так, все крупные природные явления на поверхности Земли (извержения вулканов, мощные циклоны, процесс глобального фотосинтеза и т. п.), как правило, имеют суммарную энергию, не превышающую 1% энергии солнечного излучения, попадающего на поверхность Земли. Переход энергетики процесса за это значение обычно приводит к резким аномалиям – климатическим отклонениям, переменам в характере растительности, крупным лесным и степным пожарам. Все это следует учитывать при планировании отдельных видов хозяйственной деятельности глобального масштаба. То же самое, очевидно, относится и к военным конфликтам с применением оружия массового поражения.

Биосфера, как известно, рассматривается как огромная, чрезвычайно сложная экосистема, «работающая» в стационарном режиме на основе тонкой регуляции всех составляющих ее частей и процессов. Так, климат определяет общий характер выветривания земной коры, формирования рельефа и почвообразования, типы растительного покрова и животного населения. Геологические условия (включая и гидрогеологические) конкретизируют характер всех перечисленных выше явлений. Почвы непосредственно и сильно воздействуют на растительность и почвенную фауну, косвенно (через растительность) — на других животных. Растения участвуют, в свою очередь, в почвообразование, изменяют микроклимат, но также существенно влияют друг на друга и на условия существования животных. Последние, хотя и незначительно, воздействуют на микрорельеф, влияют на некоторые стороны почвообразования (кроты, дождевые черви), определяют возможность существования тех растений, у которых они опыляют цветы или разносят плоды, одновременно сильно влияют друг на друга.

Scanned with CamScanner

Стабильность биосферы в значительной степени основывается на высоком видовом разнообразии живых организмов, отдельные группы которых выполняют различные функции в поддержании общего потока вещества и распределения энергии, на теснейшем переплетении и взаимосвязи биогенных и абиогенных процессов, а согласованности циклов отдельных элементов и уравновешивании емкости отдельных резервуаров. В биосфере действуют сложные системы обратных связей и зависимостей. В ней насчитывается более 3 млн. различных видов живых организмов – продуцентов, консументов. В рамках биосферы нет вредных и полезных организмов: в ней все связано со всем и все нужны всем.

5.2. АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР В БИОСФЕРЕ

Вопросы, рассматриваемые в данном разделе, имеют важное значение для характеристики специфической роли человечества в биосфере и лучшего понимания причин современного экологического кризиса и прогнозирования его последствий. Основой для их рассмотрения является анализ степени согласования деятельности человечества с экологическими законами, правилами и принципами.

Изменение границ оптимальных и лимитирующих факторов. Своей деятельностью человек способен изменять силу действия и число лимитирующих факторов, а также сужать или, напротив, расширять границы оптимальных значений факторов среды. Так, уборка урожая связана с извлечением из почв элементов минерального питания культурных растений и переходом некоторых из них в разряд лимитирующих факторов для вновь посаженных растений.

Сокращение численности популяций. Животные, птицы и насекомые гибнут на дорогах под колесами автотранспорта, а также при проведении полевых работ. Перелетные птицы сгорают в газовых факелах, где сжигают отходящие газы при добыче нефти. Животные гибнут в разливах нефти, на проводах и опорах линий электропередач, в рыболовных сетях. Загрязняющие вещества (оксиды серы, фтор и фтористый водород, хлориды и диоксид азота) наиболее опасны для

Scanned with CamScanner

растений, вызывают ожоги, а при высоких концентрациях и гибель отдельных особей. Образующиеся из диоксида серы сернистая, а также серная кислоты, вместе с другими веществами попадая в почву, снижают ее плодородие, подавляют жизнедеятельность бактерий и снижают численность дождевых червей.

Загрязняющие вещества влияют на эмбрионы, развивающиеся зародыши, отравляя их, вызывают уродства и ненормальности в развитии организма, нарушение функций нервной системы, половых желез и органов.

Воздействие на характер функционирования экосистем. Некоторые экосистемы и даже их крупные блоки (например, степи, прерии) практически уничтожены человеком. В других нарушены свойственные им процессы, принципы и закономерности функционирования: *цепи питания и экологические пирамиды*; произошло *изменение границ экологических ниш организмов* и *воздействие на динамику экосистем; сократились территории, занимаемые естественными экосистемами*. Более 450 земных экваторов – такова протяженность дорог на планете; 24 км на каждые 100 км^2 – такова густота дорог. По данным ООН, в одних лишь промышленно развитых странах, под бетоном строящихся автострад, населенных пунктов, аэропортов ежегодно исчезает более 3 тыс.км^2 ландшафта.

Крайне опасным для будущего биосферы результатом крупномасштабной деятельности человека является нарушение механизмов функционирования живого вещества и его функций. Рассмотрим некоторые из них:

а) ***константность живого вещества.*** Условием постоянства массы живого вещества в биосфере является сохранение условий, обеспечивающих нормальную продуктивность сообществ. Они нарушаются в результате истощения почв, замены более продуктивных экосистем (например, тропических, пойменных и т.п.) менее продуктивными, при отчуждении земель под различные виды строительства и т.д. Все это приводит к уменьшению объемов живого вещества (биомассы) на Земле. Подчеркнем, что за счет повышения человеком продуктивности агроэкосистем потери живого вещества не компенсируются;

Scanned with CamScanner

б) ***транспортная и рассеивающая функции живого вещества.*** Перемещая большие массы биологической продукции в пространстве, человек нарушает при этом естественные круговороты. Например, с 1 га соснового леса вместе с древесиной удаляется около 140 кг калия, 330 кг кальция, 70 кг магния, 20 кг фосфора и 250 кг азота. Более масштабны негативные последствия от разрушения почв. Вынос водным стоком натрия, магния, кальция, калия и азота с площадей вырубок увеличился соответственно в 3; 8; 9; 20 и 100 раз. Рассеивающая функция усиливается в результате использования человеком практически всех видов ресурсов. Одного железаежегодно рассеивается около 100–120 млн.т (из 6–7 млрд. т. этого металла, находящегося в использовании);

в) ***деструкционная и концентрационная функции.*** Усиление человеком деструкционных (разрушительных) явлений в биосфере (в сотни и тысячи раз по сравнению с естественным ходом процессов) происходит в результате извлечения ресурсов из недр, а также воздействия на поверхность литосферы. Только обработкой почв ежегодно разрушаются и выносятся в океан или перемешаются в пределах материков воздушными и водными потоками миллиарды тонн материала, в том числе наиболее ценной части почвы – гумуса.

Результатом интенсификации концентрационных процессов является накопление на поверхности Земли ресурсов или продуктов их переработки в таких объемах, что они выделяются в специфические техногенно-геохимические провинции.

Изменение временного фактора развития биосферных процессов. Если (по Б. Небелу) весь период развития жизни на Земле (порядка 4 млрд. лет) представить в годичном масштабе, тогда время появления человека как вида (3 млн. лет назад) относится примерно к 16 часам 31 декабря, сельское хозяйство начало развиваться за 2 минуты до окончания года (10–12 тыс. лет назад), а промышленная революция, начавшаяся в XVIII веке, длится всего 2 секунды. Время наиболее интенсивного воздействия человека на биосферные процессы (с 60–70-х годов прошлого века) в принятой шкале времени измеряется долями секунды. Следовательно, периоды «биогенеза» и «ноогенеза» совершенно не сопоставимы ни по продолжительности, ни по

Scanned with CamScanner

интенсивности. Нарушение временного фактора в развитии биосферы и среды обитания приводит к несоответствию темпов изменения среды и адаптационных возможностей организмов. Следствием этого являются нарушение в соотношении численности отдельных видов (результат неодинаковой адаптивности), снижение устойчивости и продуктивности экосистем и даже гибель некоторых видов.

Н.Ф. Реймерс указывает: «Если в конце прошлого века еще происходило увеличение биологической продуктивности и биомассы в ответ на возрастание концентрации углекислого газа в атмосфере, то с начала нашего века это явление не обнаруживается. Наоборот, биота выбрасывает углекислый газ, а биомасса ее автоматически снижается».

5.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИЗИСЫ

Как известно, прогресс общества неизбежно идет «за счет» природы, так как удовлетворяя свои потребности, люди в процессе производства заимствуют у природной среды материальные блага. Этот процесс может быть бесконечным только при условии бесконечности и разнообразия природной среды. Поскольку общество всегда развивается на ограниченном по объему пространстве, как наша планета, то оно неизбежно на определенном должно столкнуться с экологической проблемой. За истекшее столетие в человеческом обществе произошло резкое увеличение численности населения Земли (до 6,0 млрд человек в 2000 г.), а также значительно выросли промышленное производство, выпуск энергии и продуктов сельского хозяйства.

Человечество, обладая способностью влиять на вековой ход биосферных процессов, заявило о себе как сила, по мощности воздействии на поверхностные оболочки планеты почти не уступающая суммарному воздействию всех живых организмов создало техносферу.

Техносфера – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств для наилучшего соответствия их своим потребностям. Современное человечество использует не только огромные энергетические ресурсы биосферы, но и небиосферные

Scanned with CamScanner

источники энергии (например, атомной), ускоряя при этом геохимические преобразования природы, что в конечном итоге приводит к экологическим кризисам в биосфере.

Экологический кризис (по И.И. Дедю) – ситуация, которая возникает в экологических системах (биогеоценозах) в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных явлений или в результате воздействия антропогенных факторов. Здесь уместно привести образное высказывание Ю.С. Шевчука (1991 г.): «...Экологический кризис – это кнут, которым природа направляет нас на единственно прогрессивный «зеленый» путь развития. Но это и топор, которым природа отсекает с дерева человечества тупиковые ветви».

Современный кризис можно назвать *«кризисом редуцентов»,* т.к. природные редуценты уже не способны очищать биосферу от антропогенных отходов, в частности – ксенобиотиков. Иначе говоря, биосфера потеряла способность к самовосстановлению.

Почти одновременно с *«кризисом редуцентов»* активно проявляются два других экологических напряжения: термодинамическое (тепловое) и антропогенное, обусловленное снижением надежности экосистем. Вызваны они экологическими последствиями перепроизводства энергии в нижней тропосфере (парниковый эффект, строительство тепловых и атомных электростанций и т. д.), а также нарушением природного экологического равновесия.

5.4. НЕДЕЛИМОСТЬ ЧЕЛОВЕКА ОТ БИОСФЕРЫ

Человек есть продукт сложнейших эволюционных процессов, которые протекали в течение сотен миллионов лет. Являясь вершиной развития материи, современный человек сложился как биопсихосоциальное существо, жизнедеятельность которого может быть охарактеризована биологическими, психическими и социальными показателями. Биологические показатели выражаются в различных функциях организма человека, его непосредственных связях с окружающей природной средой, без которых он просто не может существовать физически. Под психическими следует понимать внутренний

Scanned with CamScanner

духовный мир человека и его проявления, а под социальными – «встроенность» человека в сложившиеся отношения в коллективе, в сообществе людей.

С позиции экологии – человечество общемировая популяция биологического вида, неотъемлемая составная часть экосистемы Земли. Будучи одним из 3 млн, известных ныне биологических видов, человек получил свое место в системе животного царства: *класс млекопитающих, отряд приматов, семейство гоминд, род – человек.*

Как биологическому виду, человеку присущ обмен веществ с окружающей его средой, определяющей условия жизнедеятельности любого существа. Организм человека во многом связан с остальными живыми компонентами биосферы – растениями, насекомыми, микроорганизмами и т.д. Человек входит в биотический компонент биосферы, где он связан пищевыми цепями с продуцентами. ***Является консументом первого и второго (иногда третьего) порядков, гетеротрофом.*** Человек пользуется готовыми органическими веществами и биогенными элементами, включен в круговорот веществ биосферы и подчиняется закону физико-химического единства вещества В.И. Вернадского. Функционирование организма человека возможно только в более или менее определенных, нешироких пределах изменений состава и давления атмосферного воздуха, температуры, питания и других непосредственно воздействующих на человека экологических факторов. Так, ширина зоны температурного благополучия не превышает 14° (примерно от 20° до 34°С). Конечно, люди могут существовать и в гораздо более широком диапазоне температур окружающей среды, достигающем 50–70°С и даже больше. Но жизнь за пределами экологического оптимума возможна, лишь в течение короткого времени. Таким образом, закон оптимума применим и к виду Homo sapiens (человеку разумному). При этом укажем, что функции технических средств, позволяющих существовать человеку в необычных, экстремальных условиях, заключаются в сохранении нормальных показателей непосредственно его окружающей среды (внутри одежды, скафандра, помещения).

Scanned with CamScanner

В целях обеспечения биологической жизнедеятельности и существования человеку абсолютно необходим непрерывный приток атмосферного кислорода, питьевой воды, пищи. Отражением биологической природы человека (как и всего живого) является стремление сохранить свою жизнь всеми доступными средствами, в том числе и посредством использования природных факторов, продолжить ее через размножение, обеспечить максимум безопасности жизнедеятельности. Естественно, что для достижения указанных целей необходимы постоянные взаимодействия человека со средой обитания.

Во взаимоотношениях с окружающей средой человеческая популяция чисто биологически проявляет определенную норму реакции, т.е. предсказуемое изменение состояния организма при определенном уровне внешнего воздействия. Норму реакции человека, в свою очередь, определяет ***генотип,*** который представляет собой наследственную программу развития. Многообразные взаимодействия генотипа индивида со средой формирует его ***фенотип*** – совокупность признаков (в т. ч. внешних) и свойств организма, которые есть следствие указанных взаимодействий. Все разнообразие людей на Земле является прямым следствием присущих им ***генетических и средовых*** различий. Поэтому говорят о наличии адаптивного типа человека, подразумевая под этим группы людей, которым присущи характерные особенности внешнего облика в результате прямого приспособления к условиям местности, где они проживают. Примером этого могут быть расы людей ***европеидная, негроидная, австралоидная и монголоидная***.

Таким образом, экологическое сходство человеческой популяции с популяциями всех других биологических видов заключается в том, что человечеству присущи та же генетическая цель (продолжение рода) и весь спектр экологических связей, которые выявлены в природных популяциях. Это обусловлено его биологическим происхождением, принадлежностью к миру живой природы, в котором действуют биологические законы. Следовательно, человек как вид неотделим от биосферы. В.И. Вернадский считает, что «Человек, как и все живое, может мыслить и действовать в планетарном аспекте только в области

Scanned with CamScanner

жизни – в биосфере, в определенной земной оболочке, с которой он неразрывно связан, и уйти из которой он не мажет. Его существование есть ее функция».

5.5. ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕЛОВЕКА

От популяций иных видов, даже наиболее близких (например, человекообразных обезьян), человек отличается степенью развитости экологических связей и особенностью их реализации. Так, при рассмотрении связи общества с природой необходимо особо выделить трудовую деятельность человека. Без которой вообще не существует общественная жизнь, благодаря ей возник сам человек, как общественное и мыслящее существо, но в то же время возникла и обострилась проблема охраны окружающей среды. Отметим также, что только человечеству характерна принципиально новая форма внутрипопуляционных коммуникативных связей, членораздельная речь и сопутствующее ей образное, абстрактное (понятийное) мышление. Главное преимущество речи перед иными сигналами состоит в ее практически беспредельной «информационной ёмкости». Подчиняясь, подобно всему живому, общим экологическим законам, человечество следует еще и специфическим, т. е. видовым законам. Среди них главным является социальность, которая воздействует на все проявления жизнедеятельности людей: от их индивидуальности в морфологическом аспекте до семейных отношений, типов и форм развития общества включительно. Согласно мнению многих ученых, огромную положительную роль в развитии человечества сыграло сугубо человеческое качество – альтруизм, т.е. способность к бескорыстной заботе о других людях. Милосердное отношение к немощным, но умудренным жизненным опытом старикам позволило создать и передать потомкам «банки устной информации», обусловило выживаемость человечества, особенно на ранней стадии его формирования. ***Отбор по генам альтруизма вывел человека «в люди»*** (Дж. Холдейн). Животные любых видов получают энергию для поддержания жизни двумя основными путями: потреблением пищи и согреванием под лучами Солнца. Соответственно и выполняемая

Scanned with CamScanner

ими работа осуществляется только в результате мускульной силы. Человек, будучи представителем животного царства, являет собой единственное исключение: сначала он освоил запасы законсервированной солнечной энергии в виде органического топлива (древесина, уголь, нефть и газ), а ныне приступил к использованию атомной и иной энергии. Еще около 20 тыс. лет назад потребление энергии составляло в среднем около 10 тыс. кДж на человека в сутки, а ныне в экономически развитых странах – свыше 1 млн кДж. Особенно разителен рост за это время суммарного потребления энергии всем человечеством - в 10 млн раз. Эта огромная энергия расходуется, прежде всего, на изменение среды обитания с конечной целью повысить комфортность своего существования. В свою очередь, резко ускоряется преобразование природной среды. Все виды живых организмов, обитающих на Земле, вынуждены адаптироваться (приспосабливаться) к среде обитания, к изменяющимся условиям жизни. И только человек, используя освоенную им дополнительную энергию, приспосабливает всю целиком среду своего обитания к собственным потребностям, существенным образом и в относительно короткие сроки преобразует природу в планетарных масштабах. В этом проявляется еще одно коренное экологическое отличие человеческой цивилизации.

Таким образом, можно утверждать: экологические отличия человеческой популяции от других наиболее отчетливо выражаются в глубине и масштабах влияния ее на окружающую природную среду. Давление человечества на природную среду ныне по своим масштабам превышает сопротивление среды и часто подавляет его. Растущий дисбаланс между антропогенным давлением на природу и ответным ее сопротивлением есть одна из основных экологических особенностей человеческой популяции.

Именно в нем таится угроза полного уничтожения природных экосистем, в том числе и глобальной – Земли. Можно утверждать, что человек фактически разрушил почти все запущенные природой механизмы гомеостаза по отношению к собственной популяции. Так, на ее численности практически не сказываются абиотические (модифицирующие), а также биотические факторы (хищники, паразиты, болезни и

Scanned with CamScanner

межвидовые конкурентные отношения). Даже современные болезни цивилизации (сердечно-сосудистые, онкологические, СПИД и др.) на фоне темпов увеличения народонаселения (85-90 млн ежегодно) не изменяют существенно тенденций экспоненциального роста численности вида.

Наконец, укажем еще на одно экологическое отличие человека от других видов живых существ, населяющих Землю. Это заложенное в его генетической программе осознанное стремление к освоению новых сред обитания, изначально чуждых и даже смертельно опасных для него по ряду своих показателей. Будучи на данном этапе развития ограниченным возможностями планеты и не сумев при этом наладить экологически сбалансированное природопользование, человечество пытается вырваться в космическое пространство с целью освоения ресурсов последнего, в частности, новых источников энергии. Однако, стремясь, по сути, стать космическим видом, современное человечество фактически повторяет путь своих предков, которые, опустошив одну среду обитания, отправлялись осваивать новую. Этот путь – тупиковый, человечество должно с него сойти ради своего сохранения и развития.

5.6. ПОНЯТИЕ О СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ

Постоянное, все более усложняющееся взаимодействие общества (иначе социосистемы) с геоэкосистемами сформировало геоэкосоциосистемы, или сокращенно ГЭС-системы. Их специфика обусловлена характером взаимодействия составляющих компонентов. т.е. гео-, эко- и социосистем. Они не могут быть абсолютно независимыми друг от друга или даже быть равнозначными. Так, социосистему невозможно представить без эко- и геосистемы: без них существование ее просто невозможно. В свою очередь, экосистемы не могут существовать без геосистем. Однако, и это важно, экосистема (биосфера) и тем более геосистема могут существовать без социосистемы (как это уже было до появления на планете человека). Важно подчеркнуть, что взаимодействие общества и природы характеризуется не только усилением влияния человечества, его

Scanned with CamScanner

межвидовые конкурентные отношения). Даже современные болезни цивилизации (сердечно-сосудистые, онкологические, СПИД и др.) на фоне темпов увеличения народонаселения (85-90 млн ежегодно) не изменяют существенно тенденций экспоненциального роста численности вида.

Наконец, укажем еще на одно экологическое отличие человека от других видов живых существ, населяющих Землю. Это заложенное в его генетической программе осознанное стремление к освоению новых сред обитания, изначально чуждых и даже смертельно опасных для него по ряду своих показателей. Будучи на данном этапе развития ограниченным возможностями планеты и не сумев при этом наладить экологически сбалансированное природопользование, человечество пытается вырваться в космическое пространство с целью освоения ресурсов последнего, в частности, новых источников энергии. Однако, стремясь, по сути, стать космическим видом, современное человечество фактически повторяет путь своих предков, которые, опустошив одну среду обитания, отправлялись осваивать новую. Этот путь – тупиковый, человечество должно с него сойти ради своего сохранения и развития.

5.6. ПОНЯТИЕ О СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ

Постоянное, все более усложняющееся взаимодействие общества (иначе социосистемы) с геоэкосистемами сформировало геоэкосоциосистемы, или сокращенно ГЭС-системы. Их специфика обусловлена характером взаимодействия составляющих компонентов. т.е. гео-, эко- и социосистем. Они не могут быть абсолютно независимыми друг от друга или даже быть равнозначными. Так, социосистему невозможно представить без эко- и геосистемы: без них существование ее просто невозможно. В свою очередь, экосистемы не могут существовать без геосистем. Однако, и это важно, экосистема (биосфера) и тем более геосистема могут существовать без социосистемы (как это уже было до появления на планете человека). Важно подчеркнуть, что взаимодействие общества и природы характеризуется не только усилением влияния человечества, его

Scanned with CamScanner

техники и технологий на природную среду, но и возрастанием ответной реакции последней на это воздействие (в соответствии с принципом «каждому действию есть противодействие»). Вызванные антропогенной деятельностью изменения природной среды бумерангом вернулись к их первопричине – человеку. Они стали негативно сказываться на самых различных сторонах общественной жизни, вызывать всевозможные коллизии социального характера. Указанные обстоятельства обусловили настоятельную необходимость глубокого и всестороннего осмысления современного состояния системы «общество – природа», нахождения путей гармоничного сочетания природопользования и природосбережения.

Для решения этой проблемы потребовалось создание особого раздела экологии, призванного сформулировать качественно новые типы законов, отражающих взаимосвязь общества, техники и природы в рамках единой глобальной ГЭС-системы.

Социальная экология (по И.И. Дедю) – раздел экологии, который исследует отношения между человеческими сообществами и окружающей географически-пространственной. социальной и культурной средой, а также прямое и побочное влияние производственной деятельности на состав и свойства окружающей среды, экологическое воздействие антропогенных ландшафтов на здоровье человека и на генофонд человеческих популяций.

Социальная экология, как и сама экология в целом, является новым научным направлением на стыке социологии, экологии, философии и других отраслей культуры. Главной задаче социальной экологии является разработка научного подхода к рациональному природопользованию, предполагающее охрану природы и оптимизацию жизненной среды человека.

Некоторые авторы отождествляют понятие социальной экологии с экологией человека. Однако экология человека является частным по отношению к социальной экологии.

Важнейшей задачей социальной экологии является установление качественно новых типов законов, которые отражали бы взаимосвязь общества, техники и природы в масштабах единой системы – социоприродных законов. Эти

Scanned with CamScanner

законы могут быть подразделены на **законы *экорегресса,*** игнорирование которых ведет к разрушению биосферы и гибели человечества и ***экопрогресса,*** способствующие, напротив, поддержанию устойчивости ГЭС-систем. Примером первых законов служит закон развития природной системы за счет окружающей среды: любая природная система развивается только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды.

К *законам экопрогресса* можно отнести правило «мягкого» управления природой. «Мягкое» управление природными процессами, как правило, способно вызвать желательные (положительные) цепные реакции и потому социально-экономически предпочтительнее «жесткого» техногенного управления. В качестве примера можно сопоставить две формы ведения лесного хозяйства – сплошную вырубку деревьев («жесткое» управление) и выборочную рубку («мягкое» управление). Первая, несомненно, экономически более приемлема, так как при этом и один прием забирается вся древесина. Однако следует учитывать возникающую цепь экологических ущербов, требующих в дальнейшем больших затрат на их ликвидацию. Напротив, при выборочных рубках управление восстановлением леса облегчается из-за сохранения лесной среды, а это, в свою очередь, приводит к тому, что повышенные начальные затраты постепенно окупаются в результате предотвращения экологического ущерба. Ныне признается, что различные формы мелиорации земли, без которой невозможно снабжение продовольствием растущего населения планеты, должны быть основаны только на «мягком» управлении природой.

Уместно привести, сформулированный американским экологом Б. Коммонерем ряд ***социально-экологических законов*** (афоризмов), выделив некоторые из них, являющихся основой нравственного отношения к природе:

1. Все связано со всем.
2. Все должно куда-то деваться.
3. Природа знает лучше.
4. Ничто не дается даром.

Scanned with CamScanner

5.7. ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА. ФАКТОРЫ РИСКА

Человечество вступило в XXI век обремененное грузом экономических, политических, социальных и других проблем, главной из которых является экологическая – проблема выживания человека и сохранения среды обитания – биосферы. Однако значительная часть населения планеты к этой проблематике равнодушна и не информирована, а в средствах массовой информации, к сожалению, экологическая ситуация рассматривается преимущественно в связи с состоянием окружающей среды, упуская вторую сторону экологических отношений и человеческой деятельности – отношение человека к самому себе, к своему здоровью, не только телесному, но и духовному, психическому, как устойчивой видовой характеристике.

Определение здоровья сформулировано в Уставе ВОЗ следующим образом: *«Здоровье – состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов»*. Здоровье человека зависит от состояния окружающей среды, в которой действуют природно-экологические, социально-экологические и другие факторы.

К природно-очаговому характеру можно отнести воздействия на биоту и человека аномальных участков на поверхности Земли, отличающиеся количественными характеристиками от естественного фона, которые могут стать источникам возникновения болезней биоты и человека. Такое явление называют *геопатогенезом*, а сами участки – *геопатогенными зонами*.

Природная среда сейчас сохранилась лишь там, где она не была доступна людям для ее преобразования. Урбанизированная или городская среда – это искусственный мир, созданный человеком, не имеющий аналогов в природе и способный существовать только при постоянном обновлении. Социальная среда сложно интегрируется с любой окружающей человека средой и все факторы каждой из сред «тесно взаимосвязаны между собой и испытывают объективные и субъективные стороны «качества среды жизни». Эта множественность

Scanned with CamScanner

факторов заставляет более осторожно относиться к оценке качества среды жизни человека по состоянию его здоровья.

Экологические факторы опасности – обусловлены причинами природного характера (неблагоприятными для жизни человека, растений и животных климатическими условиями, физико-химическими характеристиками воды, атмосферы, почв, природными бедствиями и катастрофами).

Социально-экономические факторы опасности – обусловлены причинами социального, экономического и психологического характера (недостаточным уровнем питания, здравоохранения, образования, обеспечения материальными благами; нарушенными общественными отношениями, недостаточно развитыми социальными структурами).

Техногенные факторы опасности – обусловлены хозяйственной деятельностью людей (чрезмерными выбросами и сбросами в окружающую среду отходов хозяйственной деятельности; необоснованными отчуждениями территорий под хозяйственную деятельность; чрезмерным вовлечением в хозяйственный оборот природных ресурсов и т. д.).

Военные факторы опасности – обусловлены работой военной промышленности (транспортировкой военных материалов и оборудования, испытанием и уничтожением образцов оружия, функционированием всего комплекса военных средств в случае военных действий). При изучении проблемы безопасности человека и природной среды все эти факторы необходимо рассматривать в комплексе, с учетом их взаимного влияния и связей.

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

1) процесс акселерации – усиление развития отдельных органов или частей организма по сравнению с некой биологической нормой;

2) нарушение биоритмов – важнейший механизм регуляции функций биологических систем, сформировавшийся, как правило, под воздействием *абиологических* факторов. В условиях городской жизни они могут нарушаться. Это, прежде всего, относиться к циркадным ритмам: новым экологическим

Scanned with CamScanner

фактором стало использование электроосвещения, продлившее световой день.

3) аллергизация населения – извращенная чувствительность или реактивность организма к тому или иному веществу, так называемому аллергену (простые и сложные минеральные и органические вещества);

4) рост онкологической заболеваемости и смертности – заболевания вызваны опухолями, т.н. новообразованиями, избыточными патологическими разрастаниями тканей. Развитие злокачественных опухолей, т. е. заболевание раком, может возникнуть в результате длительного контакта с определенными продуктами: рак легких – у рудокопов урановых рудников, рак кожи – у трубочистов, и т.п. Это заболевание вызывается определенными веществами, так называемыми канцерогенами;

5) рост доли лиц с избыточным весом;

6) отставание физиологического возраста от календарного;

7) «омоложение» многих форм патологии;

8) абиологическая тенденция в организации жизни и др.

Рождение на свет большого количества недоношенных детей, а значит, физически незрелых, показатель крайне неблагоприятного состояния среды обитания человека. Физиологическая незрелость является результатом резкого дисбаланса с окружающей средой.

Инфекционные болезни тоже не искоренены в городах. Количество людей, пораженных малярией, гепатитом и многими другими болезнями, исчисляется огромными цифрами. Многие медики считают, что следует говорить не о «победе», а лишь о временном успехе в борьбе с этими болезнями. Объясняется это тем, что слишком коротка история борьбы с ними, а непредсказуемость изменений в городской среде может свести на нет эти успехи. По данной причине «возврат» инфекционных агентов фиксируется среди вирусов, а многие вирусы «отрываются» от природной основы и переходят в новую стадию, способную жить в среде обитания человека – становятся возбудителями гриппа, вирусной формы рака и других болезней (возможно, такой формой является вирус ВИЧ). По своему механизму действия эти формы можно приравнять к природно-очаговым, которые и в городской среде тоже имеют место. В

Scanned with CamScanner

последние годы в Юго-Восточной Азии люди гибнут от совершенно новых эпидемий – «атипичная пневмония» в Китае, «птичий грипп» в Таиланде. По данным НИИ микробиологии и эпидемиологии им. Пастера виноваты в этом не только мутагенные вирусы, но и слабая изученность микроорганизмов – всего их изучено 1-3% от общего количества. Исследователи просто не знали раньше те микробы, которые явились причиной «новых» инфекций. Так за последние 30 лет ликвидировано 6-8 инфекций, но за этот же период появилось более 30 новых инфекционных заболеваний, среди которых ВИЧ инфекция, гепатиты Е и С, на счету которых уже миллионы жертв.

С целью оценки структуры здоровья специалисты используют показатели физического развития, для оценки функции – показатели физической и умственной подготовленности, адаптационные резервы оценивают по целому ряду биохимических и иммунологических показателей.

Показатели болезненности, т.е. негативной компоненты могут складываться с положительной компонентой, давая алгебраическую сумму мощности здоровья индивида. Получить цельное представление о здоровье человека невозможно, если не принимать во внимание влияния на него психических и биологических процессов, происходящих в повседневной жизни. Ни одна болезнь не ограничена только телом или только психикой. Так как человек, в отличие от остальных представителей животного мира, наделен разумом, он обладает физическим (биологическим) и духовным здоровьем.

Следовательно, духовное и физическое здоровье – это две неотъемлемые части человеческого здоровья; они должны постоянно находиться в гармоническом единстве. Только в таком случае обеспечивается высокий уровень здоровья (вспомните известное высказывание *«В здоровом теле – здоровый дух»*). Физическое здоровье – это здоровье нашего тела, духовное здоровье – это здоровье нашего разума.

Кроме индивидуального здоровья, следует выделять общественное, профессиональное и здоровье населения страны

Предлагаемые меры улучшения качества окружающей среды:

1. *Технологические:* разработка новых технологий; очистные

Scanned with CamScanner

сооружения; замена топлива; электрификация производства, быта, транспорта.

2. *Архитектурно-планировочные* мероприятия: зонирование территории населенного пункта; озеленение населенных мест; организация санитарно-защитных зон.

3. *Экономические.*

4. *Правовые*: создание законодательных актов по поддержанию качества окружающей среды.

5. *Инженерно-организационные*: уменьшение стоянок автомобилей у светофоров; снижение интенсивности движения транспорта на перегруженных автомагистралях.

5.8. ТРАНСФОРМИРУЮЩИЕ АГЕНТЫ БИОСФЕРЫ

К таковым специалисты относят некоторые физические факторы, элементы и химические соединения, способные вызывать существенные преобразования биологических объектов. Уровень воздействия таких *трансформеров* определяется биологическими особенностями, возрастом пораженного организма, действующей концентрацией, длительностью воздействия, а также экологической обстановкой, сложившейся на время воздействия. Согласно академику Н.П. Дубинину, главными из возможных преобразований организмов являются:

1) *онкогенез* или развитие злокачественных образований;
2) *тератогенез* (пороки индивидуального развития, а также уродства);
3) *мутационный процесс* в гаметах или соматических клетках;
4) *ингибироваиие* (замедление) или стимулирование биологической продуктивности;
5) *некроз* (омертвение) тканей;
6) *токсикоз.*

Эти изменения могут возникать по отдельности или в различных сочетаниях друг с другом.

Самое серьезное последствие загрязнения биосферы заключается в генетических нарушениях. В результате повышения радиоактивности, химического загрязнения среды

Scanned with CamScanner

увеличивается число патологий внутриутробного развития, злокачественных опухолей, психических нарушений и т. д. В качестве примера уместно привести трагические для жителей Казахстана, испытания ядерного оружия. В 1949 году СССР испытал свое первое ядерное оружие под кодовым названием «Первая молния» в степи северо-восточного Казахстана. Испытательный полигон – Семипалатинск за свои 40 лет пережил 456 атомных взрыва. Жители близлежащих городов стали невольными подопытными кроликами, пострадав от последствий ядерных взрывов. Из рисунка 41 видно, как прошел процесс мутации у детей, родившихся в этом регионе – это искусственные (индуцированные) изменения генетического материала, приводящие к изменению тех или иных признаков организма.

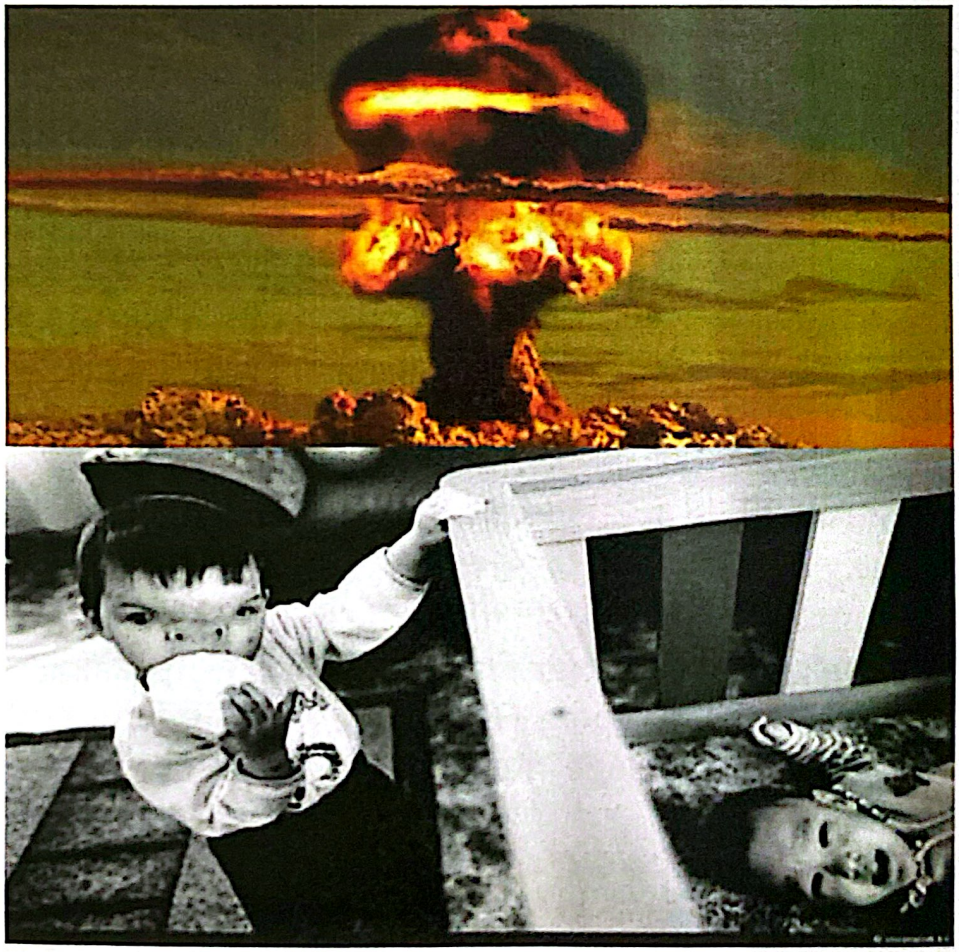


Рисунок 41. *Последствия испытания ядерного оружия в Семипалатинском полигоне*

Scanned with CamScanner

Кроме того, бывают внезапные, естественные (спонтанные) изменения генетического материала, приводящие к изменению в организме, называемые ***мутацией***. Нарушения в генетической информации человека, подрывающие наследственное здоровье населения, объединяются под названием **«генетический груз».** Генетический груз в популяциях человека – мера приспособленности генотипа к условиям окружающей среды.

Давление мутаций на каждое поколение людей очень велико. У человека частота мутаций в среднем составляет 510. В его половых клетках имеется около 100 тыс. генов. Каждая оплодотворенная яйцеклетка получает в среднем еще 10 новых мутаций. Было установлено, что в каждом поколении 50% оплодотворенных яйцеклеток или гибнут, или возникшие из них организмы не оставляют потомства. При этом 12% браков бесплодны вследствие дефектов воспроизводительной системы. Удвоение объема естественных мутаций недопустимо для человека, особенно если учесть, что генетический груз наиболее явно проявляется при рождении детей с разными генетическими отклонениями в виде физических и психических дефектов (10%).

Существует несколько групп эффективных мутагенных факторов: физические, химические, биологические.

Характерными физическими и химическими мутагенами являются:

1) ионизирующие излучения – лучи Рентгена, γ-лучи, нейтроны (быстрые, промежуточные, медленные), протоны, β- и α-лучи, прочие корпускулярные излучения высоких энергий (являющиеся менее изученными);

2) ультрафиолетовые лучи;

3) слабые мутагенные факторы – температура, pH среды, лазерный видимый свет, давление кислорода и др.

В настоящее время существует целый ряд определений здоровья, которые, как правило, содержат пять критериев:

1) отсутствие болезни;

2) нормальное функционирование организма в системе «человек — окружающая среда»;

3) полное физическое, духовное, умственное и социальное благополучие;

4) способность адаптироваться к постоянно меняющимся

Scanned with CamScanner

условиям существования в окружающей среде;

5) способность к полноценному выполнению основных социальных функций (А.С. Смирнов, 2000 г.).

Канцерогенные вещества. Среди физических факторов и химических веществ, поступающих в биосферу как загрязнители, наиболее опасными являются канцерогены, которые способны вызывать в живых организмах злокачественные новообразования (рак). К физическим канцерогенным факторам внешней среды относят УФ-лучи в больших дозах, рентгеновские лучи, радиоактивные изотопы и другие виды радиоактивного загрязнения природной среды.

Наиболее сильным химическим канцерогеном ныне признается бенз(а)пирен. Это соединение образуется при сгорании угля, нефти, сланцев в отопительных системах промышленного и бытового назначения, а также в процессах перегонки указанных видов топлива. С дымовыми газами канцероген в конце концов поступает в биосферу. Образуются канцерогены и в питьевой воде, если она подверглась чрезмерному хлорированию.

Тератогенные эффекты. Согласно Э.И. Оленину (1975г.), все случаи тератогенеза вследствие воздействия загрязнителей среды могут быть объединены в три группы:

1) не связанные с изменением генотипа организма;

2) связанные с изменением генотипа какой-либо части клеток организма;

3) связанные с изменением генотипа организма в целом.

Подчеркнем, что в принципе тератогенным может быть любой естественный фактор, если интенсивность его воздействия оказывается больше оптимальной.

Эмбриотропное действие загрязнителей. Неудачное использование в США препарата талидомида, призванного снимать неприятные ощущения у беременных женщин, но одновременно приведшего к аномалиям развития эмбрионов, усилило внимание к проблеме эмбриотропных последствий загрязнения окружающей среды. Среди физических факторов, вызывающих нарушение развития плода, на первое место претендуют ионизирующие излучения. При этом дозы, применяемые при рентгенодиагностике, часто оказываются

Scanned with CamScanner

эмбриотропными и у детей, матери которых неоднократно облучались во время беременности, и у которых наблюдались злокачественные опухоли и другие аномалии. Негативно сказываются на развитие плода и неионизирующие электромагнитные излучения диапазонов радиочастот (сверхвысокочастотный нагрев в промышленности, радиолокационные станции, телевизионные центры). Статистический анализ состояния новорожденных в местностях, расположенных вокруг крупных аэропортов (Япония), подтвердил отрицательное воздействие шума на развитие плода. Ряд специалистов отмечают эмбриотропное действие вибрации, а также отрицательные последствия комплексного действия вибрации, шума, ускорения, кислородного голодания на развитие плода у стюардесс. Укажем также, что способность ряда продуктов и химических веществ (алкоголь, табак, свинец, ртуть и др.) нарушать процессы развития плода ныне не вызывает никаких сомнений.

5.9. ДЕГРАДАЦИЯ ГЕНОФОНДА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Генофонд – совокупность всех генов данной популяции группы, популяций или вида в целом.

Ген – единица наследственной (генетической) информации, способная к воспроизведению и расположенная в определенном участке данной хромосомы; ген обеспечивает преемственность в поколениях того или иного признака или свойства того пли иного организма.

Согласно академику Н.П. Дубинину, главными из возможных преобразований организмов являются:

1) *онкогенез* или развитие злокачественных образований;
2) *тератогенез* (пороки индивидуального развития, а также уродства);
3) *мутагенез* (мутационный процесс в гаметах или соматических клетках);
4) *ингибироваиие* (замедление) или стимулирование биологической продуктивности;
5) *некроз* (омертвение) тканей;
6) *токсикоз.*

Scanned with CamScanner

Мутагенез (по И.И. Делю, 1989 г.) – процесс возникновения мутаций под воздействием мутагенных факторов (чаще всего внешней среды — физических, химических, реже – биологических). Известны химический и радиационный мутагенез.

Радиационный мутагенез – явление возникновения мутаций под действием радиоактивных веществ.

Мутагены – физические и химические факторы, воздействие которых на живые организмы вызывает появление мутаций. К мутагенам относятся многие пестициды, азотистые удобрения (нитриты), тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк, ртуть, никель и др.), некоторые лекарства, радиоактивные вещества, вирусы, бактерии.

Генетический груз – постоянное присутствие в генофонде популяции или вида (в т. ч. человека) вредных мутантных (измененных) генов, возникающих обычно под воздействием различных мутагенных факторов окружающей среды.

Генетический риск – вероятность возникновения генетического повреждения популяций под воздействием мутагенов среды (и большинстве случаев антропогенного происхождения). Ныне много делается для анализа характера и степени нарушений, вызванных в биосфере; к сожалению, гораздо меньше исследований посвящено изучению того, как эти изменения влияют на биологические особенности человека и других организмов. Особенно это касается генетических последствий загрязнений, хотя они могут оказать определяющее влияние на судьбу человечества в целом. Мутагены среды способны проникать в клетки и поражать их генетическую программу (вызывать мутации). В том случае, когда поражение затрагивает ДНК, которая находится в зародышевых клетках человека, гибнут эмбрионы или рождаются младенцы, имеющие наследственные дефекты. Мутации в клетках тела организма (соматических клетках) вызывают рак, поражения иммунной системы, уменьшают продолжительность жизни.

Рассматривая совокупность нарушений в генетической информации человека, которые подрывают наследственное здоровье населения, академик Н.П. Дубинин сформулировал следующие основные вопросы:

Scanned with CamScanner

1. Каков уровень генетического груза, который «давит» на людей?

2. Какова зависимость объема генетического груза от роста экологической напряженности в среде?

На эти вопросы до сих пор нет точных ответов, однако некоторые статистически подтвержденные факты требуют обсуждений и, естественно, осмысления. У человека частота мутаций на ген/поколение составляет в среднем $5x10^{-5}$. Всего в половых клетках человека имеется порядка 100 000 генов. Слияние сперматозоида и яйцеклетки, как известно, приводит к оплодотворению последней.

Следовательно, каждая клетка человека в среднем получает 10 новых генных мутаций и, таким образом, давление мутаций на каждое поколение людей весьма велико.

Исследования последних лет показали, что у человека существенную роль играют т.н. доминантные мутации, которые проявляются у всех особей, получивших эти мутации. Установлено, что в каждом поколении 50% оплодотворенных яйцеклеток или погибают, или возникшие из них организмы не оставляют потомства: 10% гибнут на ранних стадиях плода; в 20% случаев беременность прерывается спонтанными абортами (причиной таких абортов в половине случаев служат мутации хромосом, в половине – доминантные генные летальные мутации); около 10%) новорожденных получают тот или иной компонент генетического груза, проявляющийся в виде отклонений от нормального развития; 10% браков оказываются бесплодными из-за дефектов воспроизводительной системы одного из супругов. Все это дает основание ученым считать, что рост числа мутаций под влиянием мутагенов среды скажется катастрофически на развитии человечества. Утверждается, что удвоение объема естественных мутаций недопустимо для человеческой цивилизации, поскольку через 2–3 поколения приведет к ее вырождению.

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 6

КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

6.1. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ – ПУТЬ К РЕШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Сфера политики в наши дни смыкается со сферой охраны окружающей среды в единую дисциплину – ***политэкологию***, которая занимается проблемами экологической безопасности. Международное сотрудничество в области охраны природы регулируется международным экологическим правом, в основе которого лежат общепризнанные принципы и нормы. Важнейший вклад в становление этих принципов внесли Стокгольмская конференция ООН по проблемам окружающей среды (1972 г.), Всемирная хартия природы, одобренная Генеральной Ассамблеей (1982 г.) и, особенно, Международная конференция в Рио-де-Жанейро (1992 г.) по окружающей среде и развитию.

На конференции в Рио встретились 114 глав государств, представители 1600 неправительственных организаций. Важнейшим вопросом этого форума стало дальнейшее развитие понимания связи международных экономических и экологических проблем в рамках ***концепции устойчивого развития.***

Под понятием устойчивого развития понимается такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Иными словами, человечество должно научиться «жить по средствам», использовать природные ресурсы, не подрывая их, вкладывать деньги, образно выражаясь в «страховку» – финансировать программы, направленные на предотвращение катастрофических последствий собственной деятельности.

Здесь стоит отметить, что широко вошедшее в обиход понятие «устойчивое развитие» – весьма неточный перевод англоязычного термина. Более точно **sustainable development**

Scanned with CamScanner

переводится как сбалансированное развитие. Такой перевод нагляднее передаёт суть этого понятия, которая заключается в стремлении сохранить баланс между экономическим развитием и охраной окружающей среды. Однако, учитывая то, что в русскоязычной литературе уже укоренился термин *«устойчивое развитие»*, будем продолжать пользоваться именно этим понятием.

В основе этой концепции лежит тот факт, что если три четверти населения Планеты, ныне проживающие в слабо развитых странах, пойдут по тому же пути развития своих экономических систем, что и жители развитых стран, то совершенно очевидно, что Земля не выдержит столь мощного потребления её ресурсов и загрязнения окружающей среды. Наступит неминуемая экологическая катастрофа. Вместе с тем нельзя винить развивающиеся страны в стремлении повысить уровень жизни быстро растущего населения.

В мировой политике же сегодня отчетливо прослеживается тенденция экономически благополучной четверти населения Земли решить, хотя бы временно, острые экологические проблемы за счет затормаживания экономического роста беднейших трёх четвертей. В реальной действительности решить экологические проблемы без решения социально – экономических невозможно. На конференции в Рио-де-Жанейро было отмечено, что «экология без экономики — это всеобщая нищета», и что устойчивому развитию разумной альтернативы не существует.

Важнейшим документом, принятым на этой конференции была повестка ***дня на XXI век.*** Этот документ является программой достижения устойчивого развития с социальной, экономической и экологической точек зрения.

В повестке дня на XXI век разъясняется, что движущими силами перемен в окружающей среде являются население, потребление и технология. В ней излагается, что нужно сделать для сокращения расточительных и неэффективных структур потребления в некоторых частях мира при одновременном содействии ускоренному и устойчивому развитию в других его частях. В ней предлагаются меры в области политики и программы для достижения устойчивого равновесия между

Scanned with CamScanner

потреблением и способностью Земли поддерживать жизнь. Также в этой программе описываются некоторые методы и технологии, которые необходимо разработать для удовлетворения потребностей людей при рациональном использовании природных ресурсов.

Повестка дня на XXI век предусматривает варианты предотвращения ухудшения состояния почвы, воздуха и воды, сохранения лесов и разнообразия форм жизни. В ней рассматриваются вопросы бедности и чрезмерного потребления, здравоохранения и образования. Отводится своя роль каждому: правительствам, деловым людям, профсоюзам, учёным, коренным народам, мужчинам и женщинам, молодёжи и детям. Этот документ не направлен против предпринимательской деятельности, напротив, в нём утверждается, что устойчивое развитие -- это способ борьбы с бедностью и разрушением окружающей среды.

В настоящее время успех экономического развития оценивается главным образом количеством денег, которое оно приносит. Однако, системы учёта национальных богатств должны также принимать в расчет полную стоимость ухудшения состояния окружающей среды. Тот, кто её загрязняет, в принципе, должен нести расходы по ликвидации загрязнения. Для уменьшения риска нанесения вреда оценка состояния окружающей среды должна производиться до начала осуществления проектов, которые могут иметь нежелательные последствия. Правительствам следует уменьшить или отменить субсидирование тех проектов, которые не соответствуют целям и задачам устойчивого развития.

Важной темой повестки дня на XXI век является необходимость ликвидации бедности путём предоставления бедным странам более широкого доступа к ресурсам, которые им необходимы для устойчивого развития. Приняв этот документ, промышленно развитые страны признали, что они должны играть более важную роль в сохранении и улучшении окружающей среды, чем бедные страны. Богатые страны обещали также увеличить финансовую помощь другим странам, для такого развития, которое имеет меньшие экологические последствия.

Scanned with CamScanner

Повестка дня на XXI век призывает правительства принять национальные стратегии устойчивого развития. Их необходимо разрабатывать с широким участием общественности, включая неправительственные организации. Это соглашение возлагает основную ответственность за перемены на национальные правительства, но указывает, что они должны тесно сотрудничать с международными организациями, деловыми кругами, региональными, провинциальными и местными властями, а также с неправительственными группами и объединениями граждан. Только партнёрство в глобальном масштабе может принести всем народам надежду на устойчивое развитие.

Однако на пути к устойчивому развитию стоят трудноразрешимые противоречия. Удовлетворение человеческих потребностей немыслимо без эксплуатации природных ресурсов. Любое производство, по существу, основано на использовании природных ресурсов, составляющих часть общего природного потенциала ландшафтов.

Ресурсный потенциал ландшафта – это часть вещества и энергии, которая отторгается в социально-экономическую сферу. На современном уровне развития человечества природа рассматривается, как источник самых разнообразных ресурсов. Можно сказать, что практически весь природный потенциал ландшафта в том или ином виде используется человеком сейчас, или будет использоваться в будущем. К оценке ресурсного потенциала ландшафта следует подходить с ***экономических, экологических и эколого-экономических*** позиций.

При **экономическом подходе** оценивается стоимость природных ресурсов. При этом учитываются, например, стоимость сырья на внутреннем и мировом рынке, затраты на добычу и транспортировку его к месту переработки, а также экономическая целесообразность выбора взаимоисключающих видов природопользования. В каждом конкретном случае приходится решать, что более целесообразно: вести добычу полезных ископаемых или сохранить ландшафт как источник других природных ресурсов, например лесных.

При ***экологическом подходе*** природный потенциал ландшафта оценивается как совокупность условий, необходимых

Scanned with CamScanner

для жизни и воспроизводства, населяющих данную территорию живых организмов, в том числе и человека. Отторжение природных ресурсов человеком вызывает изменение, как отдельных природных компонентов, так и ландшафта в целом – нарушается экологический режим территории, ухудшается состояние окружающей среды.

Эколого-экономическая оценка использования природных ресурсов включает в себя оценку затрат на рекультивацию естественного потенциала ландшафта после его нарушения, вызванного эксплуатацией природных ресурсов. Если эколого-экономический подход игнорировать, то, как показывает опыт, это может привести к тяжелым последствиям – затраты на рекультивацию земель могут оказаться впоследствии выше стоимости использованных ресурсов. Экономия на восстановлении нормальной среды обитания оборачивается трагическими эколого-социальными последствиями – снижением работоспособности, ухудшением здоровья, увеличением смертности людей. Потери на восстановление здоровья, социальные издержки, вызванные ухудшением состояния окружающей среды, могут быть столь значительными, что ущерб перекроет получаемый экономический эффект.

Одной из причин возникшего напряжения во взаимодействиях общества и природы является укоренившееся в сознании людей потребительское отношение к природе. Человек с момента появления на Земле привык непрерывно брать от природы её ресурсы. Не одно тысячелетие он вырубал леса, охотился на зверей, ловил рыбу, использовал созданное природой плодородие почв. До относительно недавнего времени природа могла сама восстанавливать нарушенное в экосистемах равновесие и это породило у человека ложное представление о безграничности природных ресурсов, о возможности брать их у природы, ничего её не возвращая.

Также экологические проблемы человечества имеют своими истоками различия в процессах, совершающихся в природных и социально-экономических системах. Для естественного ландшафта характерны процессы самоуправления, ведущие к устойчивости экосистемы (гомеостазу) – сохранению внутренних и внешних связей, обеспечивающих их устойчивость.

Scanned with CamScanner

Гомеостаз природных систем поддерживается, с одной стороны, в результате постоянных контактов с внешней средой, из которой система черпает энергию и вещество для своего функционирования. Это первый блок управления, отвечающий за устойчивость системы в условиях разнообразных внешних воздействий. С другой стороны, гомеостаз системы поддерживается благодаря внутренним процессам функционирования, осуществляющимся в виде круговоротов вещества при примерно постоянных энергетических затратах. Это второй блок управления, отвечающий за внутреннюю целостность экосистемы.

Оба блока управления – внешний и внутренний – контролируются экосистемами. Ведущая роль в гомеостазе природных систем принадлежит функциям живого вещества, без которого системы быстро деградируют – их структура упрощается.

Количество энергии, выделяемой природной системой в окружающую среду, незначительно. Такие системы, благодаря механизмам саморегулирования, постоянно стремятся перейти из состояния, менее организованного в более организованное, из состояния менее устойчивого в более устойчивое. Энтропия – мера неупорядоченности – в них естественным образом убывает.

В техногенных системах – в городах, на промышленных предприятиях, энергообмен резко отличается от процессов, проистекающих в природе. Поток вещества и энергии через производственную систему практически не имеет обратной положительной связи. На входе – это всё возрастающее потребление ресурсов и энергии, ведущее к деградации природных систем. На выходе – огромное количество отходов, поступающих в окружающую среду, что является главной причиной её загрязнения.

Энтропия техногенных систем имеет тенденцию к неумолимому росту: возникают аварии, нарушаются связи управления, усиливается хаос. Для поддержания этих систем в рабочем состоянии требуются, как показывает исторический опыт, всё увеличивающиеся энергетические затраты. Рост производства, увеличение населения больших городов ведут к обострению экологической обстановки.

Scanned with CamScanner

Коренное отличие природных систем от техногенных заключается в их способности к самоорганизации и саморазвитию. Энтропия в природных системах, как уже писалось, естественным образом уменьшается. В техногенных же системах устойчивость может сохраняться лишь при условии постоянных материальных и энергетических затрат со стороны общества; предоставленные сами себе они начинают разрушаться, энтропия увеличивается.

Проблема устойчивого развития во многом связана с разного рода запрещениями и ограничениями. Человечество вступило в эпоху трудных решений. Установка на активное силовое преобразование природы уже начинает признаваться ошибочной. Вместе с тем человек не может существовать на Земле, не нарушая её природы. Важным критерием рационального природопользования является сохранения принципа географической и экологической эквивалентности. Для пояснения существа этого принципа можно привести следующий пример.

Вырубка леса сопровождается отчуждением из лесной экосистемы углерода, азота, фосфора, калия, воды, при одновременном изменении баланса углекислого газа и кислорода в атмосфере. Происходит увеличение скорости разрушения земной поверхности и сопряжённой с ней интенсивности выноса из ландшафта веществ. Коренным образом перестраиваются фауна и микробиологические процессы. При соблюдении принципа географической и экологической эквивалентности новая экосистема на месте вырубленного леса – луг или пашня – должна быть эквивалентна исходной по массе продуцируемого органического вещества и энергии.

Следует признать, что создаваемые человеком динамические равновесия в природно-хозяйственных системах, вероятнее всего никогда не будут полностью эквивалентны средообразующим функциям природы. Тем не менее, эти управляемые равновесия можно лишь тогда назвать нормальными, когда они будут адекватны скорости приспособления человека к изменяющейся окружающей среде. При несоответствии темпов изменения среды и приспособления

Scanned with CamScanner

человека к этим изменениям человечество обречено на вымирание.

В *рамках концепции устойчивого развития* возможны три пути обеспечения экологической безопасности на Земле.

Во-первых – это сохранение расширенного производства естественных экосистем, прежде всего растительных сообществ, средообразующая функция которых является гарантией нормальных динамических равновесий в среде обитания человека.

Во-вторых – это управление природно-хозяйственными системами, средообразующая функция которых эквивалентна функциям естественных экосистем, место которых они заняли.

В-третьих – это внедрение экологически чистых технологий, устраняющих последствия хозяйственной деятельности, неблагоприятные для жизни человека.

Следует отметить, что на конференции в Рио-де-Жанейро так и не было достигнуто решение многих ключевых вопросов. Для того, чтобы предотвратить экологическую катастрофу, неизбежную если не стремиться к реализации концепции устойчивого развития, необходимо эффективное международное сотрудничество всех без исключения стран и народов мира.

Поэтому в рамках ООН нужна более действенная координация в масштабе планеты, отдельных стран и регионов по решению таких насущных проблем, как предотвращение войн, откуда бы агрессия ни исходила, борьба с опустошением, голодом, эпидемиями, детской смертностью и другие.

Необходимо разрабатывать и внедрять научно обоснованные международные нормативы, новые экологически чистые технологии, программы с целью глубокого аргументированного предупреждения о приближении к порогу необратимых изменений. Должна быть создана общемировая экологическая система, с развёрнутой сетью наземных станций для сбора аварийной информации, измерения и оценки сейсмического состояния Земли, химических параметров атмосферы, воды и почв, и космическая служба, для орбитального патрулирования планеты, экологического контроля и экспертизы.

Scanned with CamScanner

ГЛАВА 7

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ЕГО МАСШТАБЫ

7.1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Загрязнение окружающей среды – это любое внесение в ту или иную экологическую систему (биогеоценоз) не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии и информации с непременными последствиями в форме снижения продуктивности или разрушения данной экосистемы.

Разнообразные виды вмешательства человека в естественные процессы в биосфере можно сгруппировать по следующим ***категориям загрязнений***:

- ***ингредиентное*** загрязнение или внесение химических веществ, которые количественно или качественно чужды естественным биогеоценозам. Изобретаются все более оригинальные химикаты, оказывающие не самое хорошее воздействие на биосферу;
- ***параметрическое*** (физическое) загрязнение, связанное с изменением качественных параметров окружающей среды. Немалый ущерб наносится водным ресурсам пищевой, нефтехимической, деревообрабатывающей промышленностью. Различные шлаки, золы, складируемые на поверхности земли, наносят необратимый вред атмосфере;
- ***биоценотическое*** загрязнение, которое заключается в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов, населяющих биогеоценоз;
- ***стациально-деструкциенное загрязнение*** (стация – место обитания популяции), изменение ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования, связанном с оптимизацией природы в интересах человека.

Scanned with CamScanner

С позиций кибернетики загрязнение можно считать комплексом помех в экосистемах, которые воздействуют на потоки энергии и информации в пищевых (энергетических) цепях. Однако, в отличие от естественных, антропогенные помехи весьма часто приводят не к отбору наиболее приспособленных особей, а к массовой элиминации (вымиранию) организмов. Это обусловлено специфическими особенностями действий антропогенных факторов, важнейшими из которых являются:

1) ***нерегулярность действия***, а значит, и непредсказуемость для организмов, а также высокая интенсивность изменений, которая превышает адаптационные возможности организмов;

2) ***неограниченные возможности действия*** их на организм (вплоть до уничтожения последних), что, конечно, присуще и природным факторам, процессам, но лишь в редких случаях (стихийные бедствия, катаклизмы).

Помимо помех, которые возникают в экосистемах в качестве косвенных последствий тех или иных мероприятий, человек часто создает направленные помехи в каналах информации между компонентами экосистем. Примером может служить сознательное – направленное загрязнение среды ядохимикатами специально для уничтожения хозяйственно вредных насекомых (инсектициды), грибов (фунгициды), сорняков и др. Применение которых способствует воздействию на уровень продуцентов, а следовательно, и на все звенья пищевых цепей, которые связаны именно с уничтожаемыми растениями – сорняками. При этом происходит воздействие на все уровни организации жизни – от биогеоценоза в целом до популяций и отдельных индивидуумов. В подобных случаях как указывают ученые, неизбежны ответные реакций природы и ее компонентов, на человека и среду его обитания.

Давно уже стало понятным, что люди считают себя правыми решать проблемы мировой величины, стараясь не испортить природу, но при этом, конечно, набить хорошенько карман. Такой подход к проблеме, уже глобальной, приведет к уничтожению всего живого. Человечество будто игнорирует

Scanned with CamScanner

«намеки» природы, считая, что имеет превосходство над сложившейся ситуацией.

Вместе с ростом численности населения на планете, увеличивается и давление на природную среду. Разнообразнее становятся и виды загрязняющих веществ. Ведь человек прогрессирует.

7.2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Вода – это наиболее распространенное неорганическое соединение на Земле. В ней наличествуют газовые и солевые соединения, а также твердые элементы. Вода в большей части находится в морях и океанах. Пресные воды – всего 3%. Немалая доля пресных вод (86%) собрана во льдах полярных зон и ледников.

Водоемам угрожают в большей степени – нефтяные масла, сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности, пагубно сказываются на развитии водных организмов сточные воды различных химических заводов (рис. 42).



Рисунок 42. *Сброс сточных вод в водоём*

Scanned with CamScanner

Все это способствует изменению цвета, запаха, вкуса очень нужной для нормального развития всего живого чистой воды. Из древесных выделяются вредные отходы, отягчающие существование рыб в водоемах. В результате этого: погибают икра, беспозвоночные и другие виды обитателей водной среды.

Ярким примером являются экологические проблемы, возникшие в Каспийском море, где разрабатывается множество месторождений нефти и газа. Доказанные ресурсы нефти в Каспийском море составляют около 10 миллиардов тонн, общие ресурсы нефти и газоконденсата оцениваются в 18-20 миллиардов тонн. Вместе с нефтью добывается большое количество попутной пластовой воды, а также газа, которые должным образом не утилизируются. Часть нефтепродуктов поступает в море при эксплуатации прибрежных нефтяных скважин и их затоплении, перевозке нефти водным путем, со сточными водами различных предприятий (рис. 43).

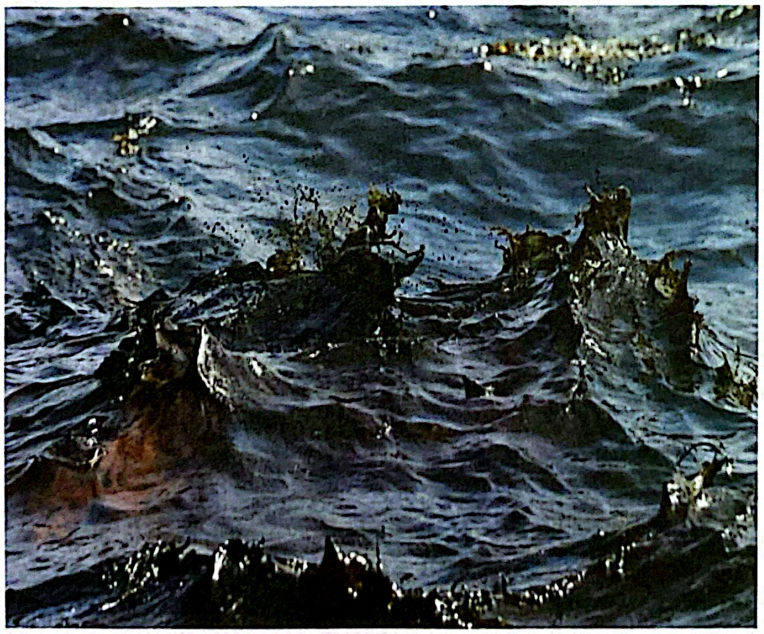


Рисунок 43. *Розлив нефти в Каспийском море*

Как отмечалось выше, основными факторами воздействия, представляющие угрозу для Каспийского моря, являются непродуманная эксплуатация морских биологических ресурсов, рыболовство и браконьерство, загрязнение моря, добыча нефти и газа на шельфе, загрязнение и другие воздействия на экосистемы рек, впадающих в море. Основными поверхностными

Scanned with CamScanner

водными источниками области являются реки Урал, Эмба, Сагиз, Уил и дельтовые рукава рек Волга-Кигач, Шароновка. Пути к смягчению и предотвращению угроз состоят в коренной реформе рыбопромышленного производства, создании национальной сети особо охраняемых морских природных территорий, проведении экологической оценки предлагаемых проектов по добыче нефти и газа на шельфе до начала осуществления этих проектов. Необходимы усилия по сохранению морских животных, находящихся под угрозой исчезновения. Казахстан обязан принять особые меры по охране осетровых рыб, реликтового каспийского тюленя, мигрирующих птиц (рис. 44).



Рисунок 44. *Мигрирующие птицы*

Вместе с тем, поскольку Каспийское море является общим достоянием всех прикаспийских государств, все они должны нести коллективную ответственность за ущерб, уже причиненный природной среде Каспия, а также за увеличивающуюся опасность разрушения его экологии и исчезновение уникальных биоресурсов и принимать меры по недопущению опасных в экологическом отношении действий в этом регионе. Необходима разработка экономико-правового механизма регулирования противоречивых интересов прибрежных природопользователей.

К глобальным экологическим проблемам можно отнести то, что происходит с Аральским морем – настоящая экологическая

Scanned with CamScanner

катастрофа, вина за которую лежит на Советской власти. В настоящий момент высыхающее Аральское море ушло на 100 км от своей прежней береговой линии возле города Муйнак в Узбекистане.

Уже к 1995 году море потеряло три четверти водного объема, а площадь поверхности сократилась более чем наполовину (рис. 45). Ныне обнажилось и подверглось опустыниванию свыше 33 тысяч квадратных километров морского дна. Соленость воды возросла в 2, 5 раза.

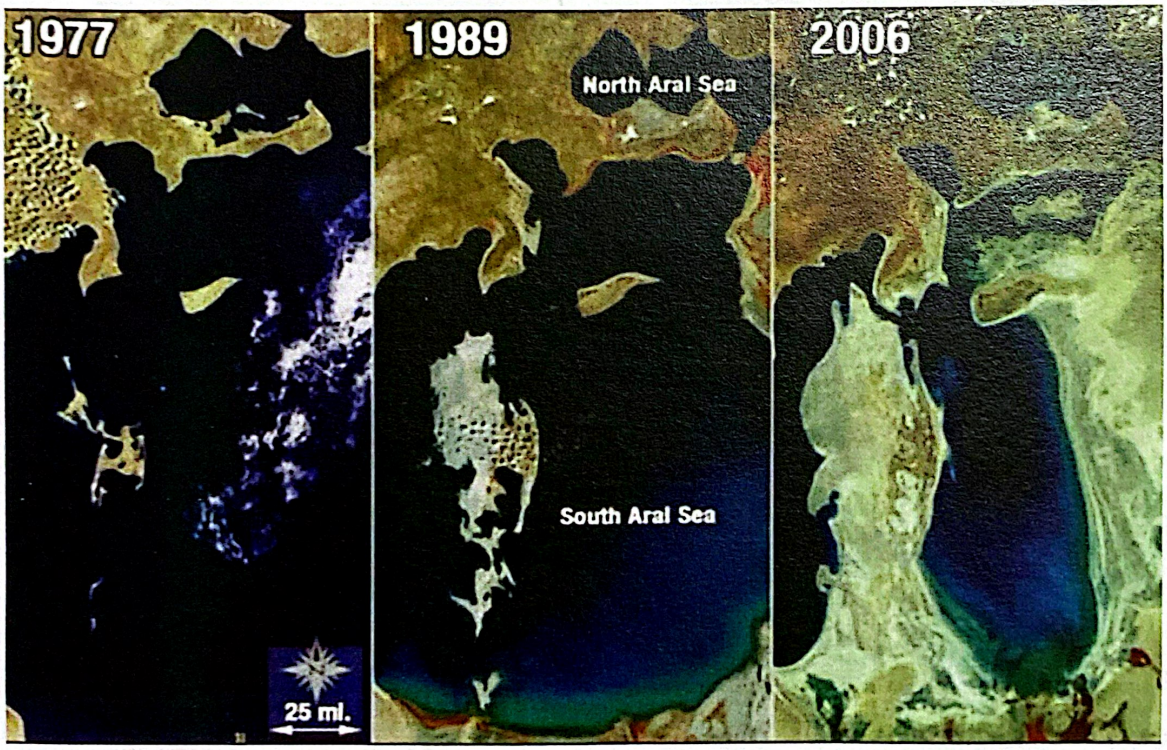


Рисунок 45. *Изменение площади поверхности Аральского моря с 1977 по 2006 гг.*

Как видно из рисунка 46 можно говорить о том, что к 2010 году Арал усох почти в 10 раз.

Последствия Аральской катастрофы уже давно вышли за рамки региона. С высохшей акватории моря ежегодно, как из кратера вулкана, разносятся свыше *100 тысяч тонн соли и тонкодисперсной пыли с примесями различных химикатов и ядов,* пагубно влияя на все живое. Эффект загрязнения усиливается тем, что Арал расположен на пути мощного струйного течения воздуха с запада на восток, способствующего выносу аэрозолей в

Scanned with CamScanner

высокие слои атмосферы. Пыльные бури разносят соль, пыль и ядохимикаты на расстояние до 500 км. Следы солевых потоков прослеживаются по всей Европе и даже в Северном Ледовитом океане. Бикарбонат натрия, хлорид натрия и сульфат натрия переносятся по воздуху и уничтожают или замедляют развитие естественной растительности и сельскохозяйственных культур.

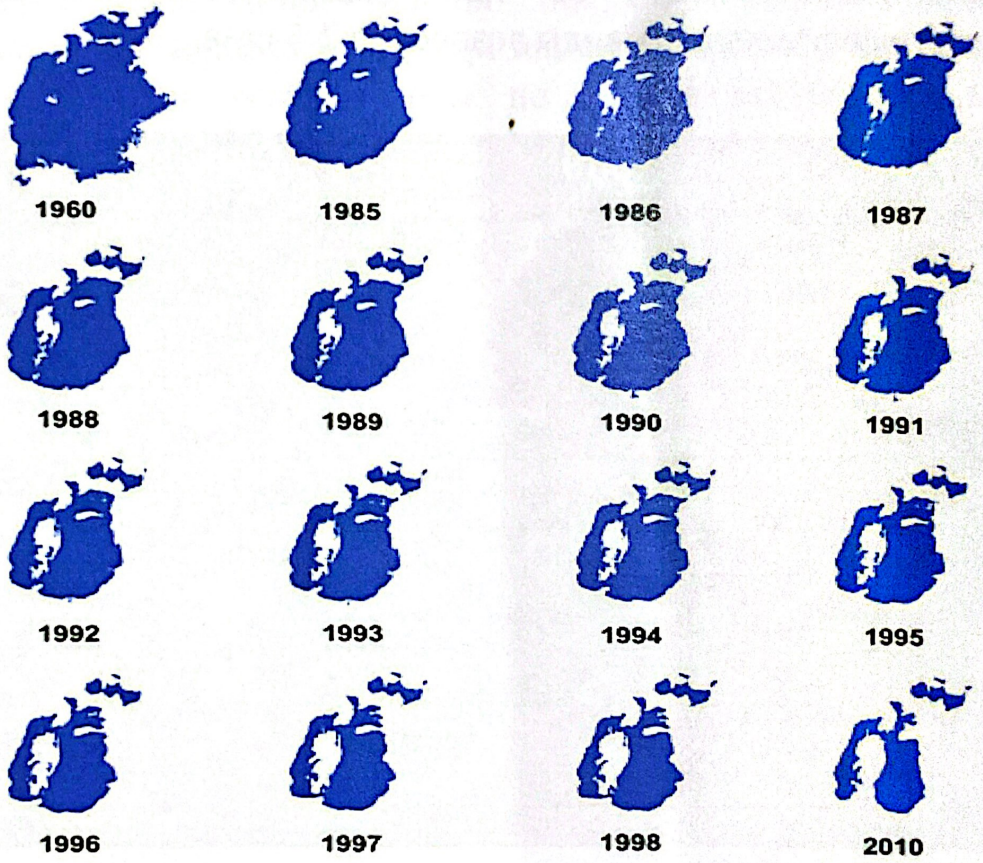


Рисунок 46. *Изображения Арала, сделанные из Космоса за период с 1960 по 2010 годы*

Как видно из рисунка 47 высыхание Аральского моря имело тяжелейшие последствия.

Число обитавших здесь видов рыб сократилось с 32 до 6 – результат повышения уровня солености воды, потери нерестилищ и кормовых участков (которые сохранились в основном лишь в дельтах рек). Наиболее распространенным обитателем оставалась черноморская камбала, приспособленная к жизни в соленой морской воде и завезенная сюда еще в 1970-е

Scanned with CamScanner

гг. Однако к 2003 г. в Большом Арале исчезла и она, не выдержав солености воды более 70 г/л – в 2-4 раза больше, чем в привычной для нее морской среде.



Рисунок 47. *Аральские корабли оказались в пустыне*

Местное население страдает от большой распространённости респираторных заболеваний, анемии, рака гортани и пищевода, а также расстройств пищеварения. Участились заболевания печени и почек.

Также без внимания нельзя оставить бытовые и промышленные сточные воды (канализации, прачечные и т.д.). С повышением изобретательности человека, как бы для улучшения быта, производятся различные моющие средства, что не оказывает благотворного влияния на водные ресурсы. В результате работы атомной промышленности, радиоактивно загрязняются водоемы, что несет непоправимый вред здоровью. Востребованы научные исследования методов нейтрализации радиоактивных загрязнений.

На две группы можно разделить загрязнения сточных вод: *минеральные и органические, а также – биологические и бактериальные.*

Scanned with CamScanner

Минеральные загрязнения представляют собой сточные воды металлургических предприятий, а также предприятий занимающихся машиностроением.

Фекально-хозяйственные стоки – органические загрязнения воды. Живые микроорганизмы, составляющие бактериальные и биологические загрязнения: яйца гельминтов, дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии.

К примеру, их происхождение получается с участием живого фактора в накопителе городских сточных вод -- озере Сорбулак (рис. 48).



Рисунок 48. *Озеро Сорбулак*

Сорбулак – самое большое озеро-отстойник в СНГ, одно из крупнейших в мире. Накопитель представляет собой естественную замкнутую котловину, расположенную северо-западней Алматы, используемую для хранения очищенных стоков города. Территориально накопитель находится в Илийском районе Алматинской области. Его максимальная глубина более 25 метров, площадь зеркала – 58 кв. км., максимальная длина озера Сорбулак составляет 35 километров, ширина – до 15 километров.

Сюда сбрасываются прошедшие механическую и биологичесткую очистку сточные воды Алматы, Талгара, Каскелена и некоторых других населенных пунктов Алматинской

Scanned with CamScanner

области. По данным ГКП «Водоканал» среднее содержание нефтепродуктов в накопителе Сорбулак от 3,73 до 5,06 мг/л. Уменьшение содержания нефтепродуктов происходит в летнее время, так как при повышенных температурах они улетучиваются. В период с 1973 года по 1998 год в накопитель поступило 80784 тонн взвешенных веществ. Из них: железа – 1400, меди – 42,1, цинка – 26,2, свинца – 28,9, стронция – 26,9 , кадмия – 26,9, хрома – 29.

Если предположить, что эти вещества равномерно выпали в осадок по всей существующей площади дна Сорбулака (60,2 км^2), то высота осадочного слоя составит более 1,5 метра. Содержание тяжелых токсичных металлов в донных отложениях в несколько десятков раз превышает их состав в воде.

Отсутствие эффективности очищения и быстрое расширение города вызвало поднятие уровня воды и загрязнение озера Сорбулак. Уровень воды приближается к максимальной отметке и грозит затоплением.

Ликвидация же накопителя «Сорбулак» отразится на экологии района т.к., осушение озера даст эрозию почвы, гибель гнездящихся в этом месте птиц, массовую гибель рыбы и пыльные бури (рис.49).



Рисунок 49. *Массовая гибель рыбы*

Scanned with CamScanner

С 1989 года Экосоюз «Табиғат» во главе с общественным деятелем М. Елеусизовым занимается проблемой озера-накопителя. Был предложен разработанный комплекс инновационных предложений по решению проблем накопителя сточных вод, путем строительства специализированного отводного канала с биологической очисткой воды в тростниково-харовых биопрудах (1990). Вода, прошедшая такую очистку, не представляет никакой опасности для экосистемы и может использоваться для полива сельскохозяйственных культур, что позволит регулировать воду в озере, а также пополнять местные реки.

Под влиянием солнечной радиации и самоочищения вода способна возобновлять свои полезные свойства. В самоочищении помогают бактерии, грибы и водоросли. Разработки имеются и в промышленности – в основном, цеховые и общезаводские сооружения по очистке сточных вод.

7.3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

В последнее время на эволюцию атмосферы активно стал оказывать влияние человек. Рост количества народонаселения Земли и темпы его умножения являются определяющими факторами роста интенсивности загрязнения всех геосфер Земли, а также атмосферы. Результатом его деятельности стал постоянный рост содержания в атмосфере углекислого газа из-за сжигания углеводородного топлива, накопленного в предыдущие геологические эпохи. Громадные количества CO_2 потребляются при фотосинтезе и поглощаются мировым океаном. Этот газ поступает в атмосферу благодаря разложению карбонатных горных пород и органических веществ растительного и животного происхождения, а также вследствие извержения вулканов и производственной деятельности человека.

За последние 100 лет содержание CO_2 в атмосфере возросло на 10 %, причём основная часть (360 млрд. тонн) поступила в результате сжигания топлива. Если темпы роста сжигания топлива сохранятся, то в ближайшие 200–300 лет количество CO_2

Scanned with CamScanner

в атмосфере удвоится и может привести к глобальным изменениям климата, т.е. процессу глобального потепления.

В городах отмечается максимальное загрязнение воздуха, где типичные загрязнители – это пылища, газовые массы, смог и др.

К химическим процессам, загрязняющих воздух относятся: 1) природные примеси, определенные естественными процессами; 2) возникающие в результате хозяйственной деятельности человечества, антропогенные.

В зонах активной жизнедеятельности людей появляются более устойчивые загрязнения токсичными веществами с повышенными концентрациями. Темпы их роста и формирования значительно выше средних. Это аэрозоли, металлы, синтетические соединения. В атмосферу в виде газов, паров, жидких и твердых частиц поступают различные примеси, такие как: оксид углерода *(CO)*, диоксид серы *(SO_2)*, оксиды азота, озон, углеводороды, соединения свинца, диоксид углерода *(CO_2)*, фреоны.

Источниками этих загрязнений является автотранспорт, ТЭЦ, промышленные предприятия и др. (рис.50,51).



Рисунок 50. *Экологические проблемы – выбросы в атмосферу*

Scanned with CamScanner



Рисунок 51. *Выброс выхлопных газов в атмосферу*

Сжигание топлива – основной источник поступления загрязняющих газов (*CO, NO, SO_2*). Диоксид серы окисляется кислородом воздуха до SO_3, а оксид азота до NO_2, которые в свою очередь взаимодействуют с парами воды, а образующиеся при этом серная кислота H_2SO_4 и азотная кислота HNO_3 выпадают на поверхность Земли в виде т.н. кислотных дождей. Использование двигателей внутреннего сгорания приводит к значительному загрязнению атмосферы оксидами азота, углеводородами и соединениями свинца. Как известно, органические соединения свинца, по сравнению с неорганическими, считаются наиболее опасными. К таким веществам относится (тетраэтилсвинец) $Pb(CH_3CH_2)_4$, использующийся в качестве антидетонационной присадки. При сгорании 1 л бензина двигателях автотранспорта в атмосферу попадает 200-400 мг Pb, загрязняя практически всю биосферу. Установлено, что 86% свинца попадает в атмосферу от автотранспорта при этом наблюдается прямо пропорциональная зависимость от их количества (рис.51).

Анализ бензинов различных марок показал, что кроме соединений свинца в них находятся такие тяжелые металлы, как кадмий, цинк, никель, ртуть.

Если оценивать антропогенный поток в атмосферу относительно запасов рассматриваемых элементов в литосфере, то первым в ряду окажется кадмий, а затем в порядке убывания

Scanned with CamScanner

свинец > мыщьяк > цинк > никель > кобальт > селен. В связи с загрязнением атмосферного воздуха промышленными выбросами и выхлопными газами автотранспорта большое значение приобретают зеленые насаждения города, наряду с санитарно-техническими способами очистки внешней среды.

В пятнадцати городах республики повышен уровень загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами. Среди этих городов – Зыряновск, Актау, Темиртау, Тараз, Шымкент, Петропавловск, Алматы. Высокий уровень загрязнения воздуха в городах является следствием устаревших технологий производства, неэффективные очистные сооружения, низкое качество используемого топлива. Основные вещества загрязняющие атмосферу – это пыль, диоксид серы, диоксид азота, углеводороды, фенол, свинец, сероводород, хлористый водород, аммиак и др. Каждый из этих веществ по-своему отрицательно влияет на здоровье. Пыль, например, вызывает заболевания дыхательных веществ, печени, крови. Наиболее пыльные города Казахстана – Актау, Атырау, Жезказган, Семипалатинск, Усть-Каменогорск. Расстройства нервной системы могут быть вызваны повышенным содержанием в воздухе окиси углерода. При этом возникают головные боли, снижается память, расстраивается сон. Высокое содержание окиси углерода наблюдается в таких городах, как Алматы, Актобе, Караганда, Костанай, Петропавловск, Павлодар, Семипалатинск и некоторые другие. Если же в воздухе присутствует несколько видов загрязнителей, что обычно и происходит, отрицательный эффект ещё более усиливается. Это сказывается на иммунной системе, что зачастую приводит к онкологическим заболеваниям.

Кроме того, интенсивный широкомасштабный вынос твёрдых частиц в атмосферу — одна из возможных причин изменений климата планеты. Опасными обстоятельствами являются радиоактивные пыли.

Scanned with CamScanner

7.4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ

Почва – природное образование, обладающее рядом свойств живой и неживой природы. Глубина не превышает 20-30 см, на черноземах может достигать около 100 см. Гумус основное и непременное условие злачности почвы; это сложный органо-минеральный комплекс. В условиях наилучшего ведения земледелия, в природных условиях сберегается положительный баланс гумуса. За 40 лет эксплуатации целинных и залежных земель в результате ветровой и водной эрозии утрачено 1,2 млрд. тонн гумуса. Ценность грунтов обусловливается буферностью, содержанием гумуса, биологическими, агрохимическими, агрофизическими показателями.

Совокупность природных и антропогенных процессов, приводят к видоизменению почвы, вызывая деградацию.

Техногенные нарушения являются доминирующей формой антропогенной деградации почв, в результате которой почвенный покров уничтожается полностью или частично. Они связаны с неупорядоченным движением автотранспорта, разведкой и освоением нефтегазовых месторождений, строительством линий связи и передачи электроэнергии, различными строительно-монтажными работами, отчуждением земельных участков под складирование промышленных и бытовых отходов, карьеров. Основными факторами пространственного рассеивания техногенных выбросов являются погодные условия: направление и скорость ветра, температура воздуха, осадки, относительная влажность воздуха и др. Газо-пылевые выбросы, осаждающиеся на поверхности почвы, прочно фиксируются в верхнем горизонте.

Человеческий фактор отрицательно воздействует на земельные ресурсы, меняется качество земель, снижается их плодородно-хозяйственная значимость. Если при загрязнении воды, атмосферы можно предпринять экстренные меры по очистке выбросов, то с земельными же ресурсами все гораздо сложней. При постоянном поступлении в почву вредных веществ, она не в состоянии возобновлять плодородие. И тогда уже загрязненная почва сама становится вредоносной для воды, сельхозпродукции. Например, неблагоприятная экологическая обстановка усугубилась с ростом нефтедобычи на Тенгизском

Scanned with CamScanner

месторождении. В связи с освоением и развитием нефтедобычи значительные площади залиты выбросами нефти и буровыми растворами. Кроме того, Тенгизский газоперерабатывающий комплекс допускает сжигание попутного газа на факелах, вызывая загрязнение воздушного бассейна региона. На открытом воздухе хранится более 3,7 млн. тонн комовой серы. Загрязнение почвы тяжелыми металлами происходит вследствие нерационального использования природных ресурсов. В почвах всех месторождений валовые формы тяжелых металлов (кадмий, ртуть, медь, кобальт, селен, сурьма, свинец) не превышают ПДК, за исключением отдельных участков на Тенгизском месторождении, где содержание свинца составляет 60 мг/кг и превышает ПДК в 2 раза, а на профиле 1 и УП – превышает ПДК в 8–12 раз, а валовое содержание цинка в 18–29 раз. Содержание мышьяка местами в 15–30 раз превышает ПДК. Накопление в почвах тяжелых металлов происходит в основном через техногенные выбросы в атмосферу пыли, дыма, аэрозолей. В растениях происходит накопление тяжелых металлов (меди, цинка, кобальта, свинца, кадмия). Однако их содержание значительно ниже максимально-допустимого уровня (МДУ) для кормов, исключая никель. Высокой поглощающей способностью обладают сочные солянки.

Примером антропогенных процессов, приводящих к видоизменению почвы, является анализ динамики обмеления Арала и опустынивания прилегающих регионов, что может привести к печальному прогнозу – образованию новой пустыни Арал-кум, которая станет продолжением пустынь Каракумы и Кызылкумы. Отступившее море оставило после себя 54 тыс. км^2 сухого морского дна, покрытого солью. Все большее количество соли и различных высокотоксичных ядов будут в течение многих десятилетий разноситься по всему земному шару.

Кроме того, такие химикаты, как пестициды, используются в сельском хозяйстве для предохранения растений от вредителей, недугов, сорняков. Но, в результате токсичности этих ядохимикатов и масштабности их применения (в мире – 2 млн. т/год) опасность их воздействия на окружающую среду также растет.

Scanned with CamScanner

Таким образом, интенсивное загрязнение воздуха, воды и почв, деградация животного и растительного мира, истощение природных ресурсов привели к разрушению экосистем, опустыниванию и значительным потерям биологического и ландшафтного разнообразия, росту заболеваемости и смертности населения. Следствием подобных изменений является снижение качества жизни населения и неустойчивое развитие республики. В то же время остаются самыми низкими среди стран Евразии государственные расходы на охрану окружающей среды. Они составляют не более 0,5 долл. США в год на одного человека.

7.5. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Все виды солнечного излучения (от ультрафиолетового до инфракрасного) достигают земной поверхности, нагревают ее. Последняя переизлучает ранее накопившуюся тепловую энергию в виде ИК-излучения в Космос. Переизлученное ИК-излучение интенсивно поглощается некоторыми газами (CO_2, CH_4, NO, фреонами). Указанные газы, называемые парниковыми, действуют в атмосфере как стекло в парнике; они беспрепятственно пропускают к Земле солнечную радиацию, но задерживают тепловое излучение Земли. В результате повышается температура её поверхности, изменяются погода и климат.

Под парниковым эффектом понимают возможное повышение глобальной температуры планеты в результате изменения теплового баланса, обусловленного постепенным накоплением парниковых газов в атмосфере (рис. 52).

Парниковые газы, в первую очередь CO_2, препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли. По Г. Хафлицу (1990), атмосфера, насыщенная парниковыми газами, действуют как крыша теплицы. Она с одной стороны, пропускает внутрь большую часть солнечного излучения, с другой – почти не пропускает наружу тепло, переизлучаемое Землей. Основным парниковым газом является диоксид углерода: его вклад в парниковый эффект, по разным данным, составляет от 50 до 65%.

Scanned with CamScanner



Рисунок 52. *Парниковый эффект*

В глобальном масштабе, содержащийся в воздухе углекислый газ играет ту же роль, что и стекло. Световая энергия проникает сквозь атмосферу, поглощается поверхностью Земли, преобразуется в тепловую энергию, и выделяется в виде инфракрасного излучения.

К другим парниковым газам относятся: метан (~ 20%), оксиды азота (~ 5%), озон, фреоны (хлорфторуглероды) и другие газы (~ 10–25% парникового эффекта). Всего известно около 30 парниковых газов, их утепляющий эффект зависит не только от количества в атмосфере, но и от относительной активности действия на одну молекулу. Если по данному показателю CO_2 принять за единицу, то для метана он будет равен 25, для оксидов азота –165, а для фреона –11 000 (рис. 53).

Scanned with CamScanner

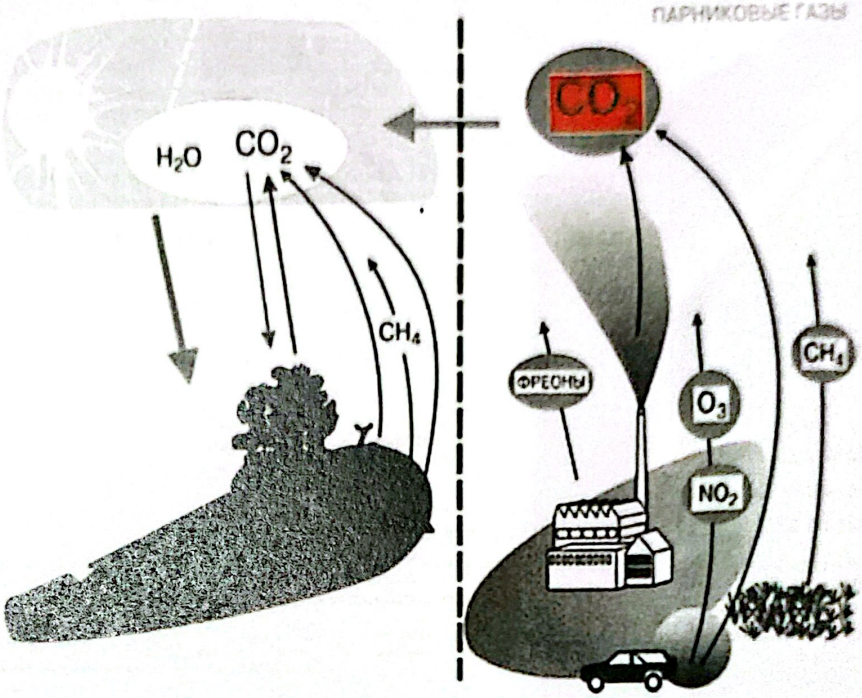


Рисунок 53. *Основные парниковые газы*

Климат, к которому мы привыкли, обеспечивается концентрацией углекислого газа в атмосфере на уровне 0,03%. Если мы увеличиваем концентрацию углекислого газа, то происходит потепление климата.

Основным антропогенным источником поступления CO_2 – в атмосферу является сжигание углеродсодержащего топлива (уголь, нефть, мазут, метан и др.).

Бытовым примером парникового эффекта может послужить нагревание воздуха внутри автомобиля, когда он стоит на солнце с закрытыми окнами. Причина здесь в том, что солнечный свет проникает через окна и поглощается сидениями и другими предметами в салоне. При этом световая энергия переходит в тепловую. В отличие от света тепло не проникает сквозь стёкла наружу, то есть улавливается внутри автомобиля. За счёт этого повышается температура. То же самое происходит и в парниках, откуда и пошло само название этого эффекта – парниковый эффект (или оранжерейный эффект).

Ныне только от теплоэнергетики в атмосферу поступает около 1 т углерода на человека в год; по прогнозам в первой половине XXI столетия выброс достигнет 10 млрд. т. Согласно Ю.В. Новикову (1998 г.), доли некоторых государств в

Scanned with CamScanner

глобальном выбросе CO_2 таковы: США – 22%, Россия и Китай – по 11%, Германия и Япония – по 5%, остальные страны около 46%.

Поскольку в более развитых странах уровень доходов, а соответственно и потребления выше, то и объём вредных выбросов в атмосферу на душу населения значительно выше. Например, уровень выбросов на душу населения в США более чем в 2 раза превышает среднеевропейский, в 19 раз – среднеафриканский и в 25 раз – соответствующий показатель для Индии. Однако в последнее время в развитых странах (в частности, в США) намечается тенденция постепенного сворачивания вредного для окружающей среды и населения производства и перенесения его в менее развитые страны. Таким образом, правительство США заботится о сохранении благоприятной экологической обстановки в своей стране, сохраняя при этом своё экономическое благополучие.

На рисунке 54 приведен вклад атмосферных составляющих в парниковый эффект, где наглядно видно, негативное влияние *химических веществ, вызывающих парниковый эффект*.

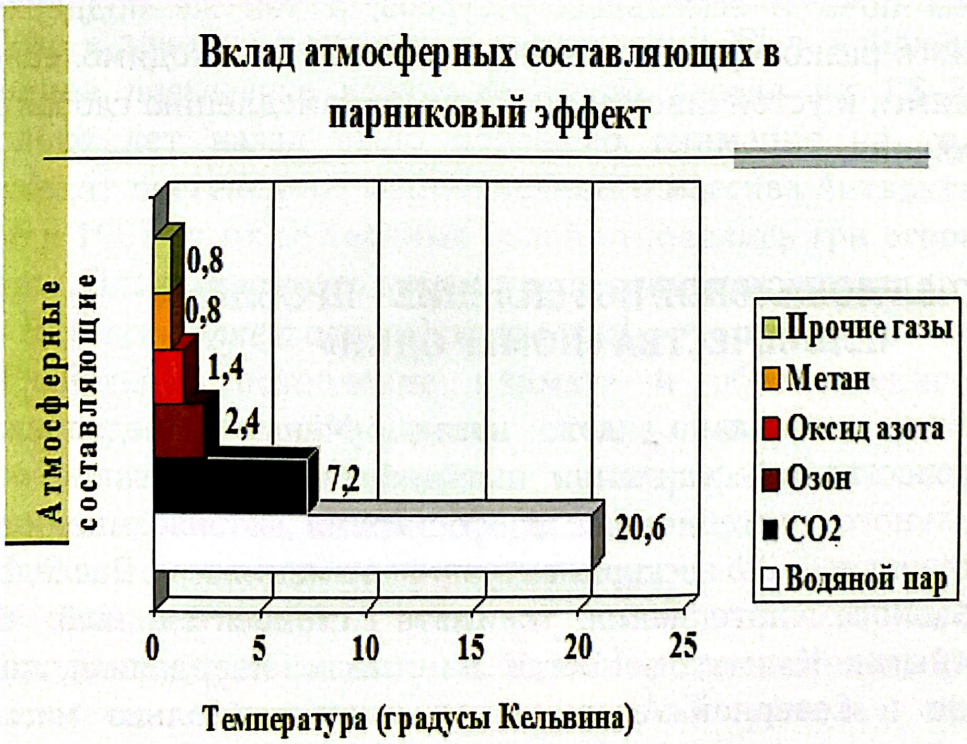


Рисунок 54. *Вклад атмосферных составляющих в парниковый эффект*

Scanned with CamScanner

Полностью остановить потепление и возникновение парникового эффекта невозможно. Предельно минимизировать этот процесс – вещь вполне реальная. Большинство стран подписали соглашения о сокращении выбросов. Необходима реорганизация в сфере энергетики, промышленности и транспорта.

Для сокращения темпов парникового эффекта необходимо:

- предотвращение вырубки лесов, увеличение лесных массивов;
- установка на промышленных предприятиях дополнительных фильтров для минимизации выброса в атмосферу вредных газов;
- энергосбережение;
- заключение международных соглашений об охране окружающей среды.

Все эти действия будут способствать решению и других природоохранительных задач. Энергосбережение и развитие альтернативных способов производства энергии ведут к сужению загрязнения. Посадка деревьев и уход за ними – метод охраны почв и земельных ресурсов, а так же поддержания видового разнообразия животных. Всё это необходимо, если мы стремимся к устойчивости биосферы и замедлению глобального потепления.

7.6. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ – ПРОБЛЕМА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА «НОМЕР ОДИН»

Еще несколько лет назад учёные предупреждали человечество об усилении парникового эффекта и угрозе глобального потепления. В то время к их мнению не прислушались, но вскоре ситуация изменилась. Последствия глобального потепления климата становятся всё более заметными. Климат меняется на глазах. Невиданная жара в Европе и Северной Америке вызывает не только массовые инфаркты, но и катастрофические наводнения. Жестокие засухи, чудовищные цунами, ураганные ветры, невиданные доселе бури - теперь все мы стали невольными свидетелями этих явлений.

Scanned with CamScanner

Если допустить сохранение существующих тенденций, к 2050 году концентрация углекислого газа в атмосфере удвоится. В свою очередь компьютерные модели различных климатических параметров показывают, что это повлечёт за собой повсеместное потепление на 1,5-4,5°С. Вероятно, оно будет более выражено в полярных районах (до 10°С) и менее – в экваториальных (2-3°С). Значительные разногласия возникают по вопросу о том, как такое потепление будет влиять на облачность и как это отразится на распределении солнечной радиации. Однако саму возможность потепления никто не отрицает.

Вследствие парникового эффекта среднегодовая температура на Земле за последнее столетие повысилась на 0,3–0,6°С. В настоящее время увеличение концентрации CO_2, происходит примерно со скоростью 0,3–0.5% в год. Увеличивается содержание и других парниковых газов: метана – на 1%. оксидов азота – на 0,2% в год. По разным источникам, удвоение содержания парниковых газов, которое может произойти во второй половине текущего века, вызовет повышение среднегодовой температуры планеты на 1 – 3,5°С.

Уже в течение нескольких десятилетий XX в. наблюдается ежегодное *повышение уровня Мирового океана на 1,5–2 мм;* несколько лет назад было обращено внимание на то, что происходит постепенное таяние ледяного массива Антарктики – в 1986 и 1987 гг. от ее ледяных полей откололись три огромных айсберга. Площадь самого крупного, получившего название *«Айсберг – 87» составляет около двух тыс.км².*

Глобальное потепление климата и обусловленное им повышение уровня Мирового океана многими учеными рассматривается как величайшая катастрофа не только для отдельных экосистем, но и биосферы в целом:

1. В случае повышения уровня океана на 1,5–2 м под затопление попадает около 5 млн. км земель, причем наиболее плодородных и густонаселенных. На них проживает около I млрд. человек и собирается почти треть урожая многих сельскохозяйственных культур. Вынужденные переселения народов вглубь материков чреваты военными конфликтами и социальными потрясениями.

Scanned with CamScanner

2. Помимо подъема уровня океана, потепление климата будет сопровождаться увеличением степени неустойчивости погоды, смещением границ природных зон, ростом числа штормов и ураганов, ускорением темпов вымирания животных и растений. Следствием этого, очевидно, явится резкое обострение продовольственной проблемы.

3. Уменьшение различий температуры на полюсах и экваторе (в основном за счет более сильного потепления полюсов) вызовет, в свою очередь, подтаивание вечномерзлых почв (таковых в России около 2 млн. км^2) и высвобождение из них огромных количеств метана, что усилит парниковый эффект.

4. Изменение климата может оказать негативное влияние на здоровье людей как вследствие усиления теплового стресса в южных районах, так и из-за распространения многих видов заболеваний.

За последние годы проблеме глобального потепления были посвящены сотни экологических и правительственных конференций в разных странах. Но на самом высоком, надгосударственном уровне эту проблему начали обсуждать, как наиважнейшую, на заседании Генеральной Ассамблеи ООН (август 2007 года), где говорили исключительно о грядущем глобальном потеплении. А теперь все страны мира начинают осознавать, что если сегодня не начать принимать скоординированные меры в общемировом масштабе, то с каждым днем будет оставаться все меньше шансов избежать планетарного экологического кризиса.

В январе 2006 года главной темой всемирного экономического форума в Давосе стало глобальное потепление. После форума глобальное потепление воспринимается как проблема человечества № 1. В начале 2007 года для предстоящего заседания Генассамблеи ООН были подготовлены три части проекта доклада международных экспертов о глобальном потеплении. В документе аналитики ООН предупредили, что потепление климата может привести к нехватке продовольствия и воды, а также увеличит риск наводнений.

Потепление климата может привести к нехватке продовольствия и воды, а также увеличит риск наводнений. Альберт Гор, вице-президент США в правительстве Билла

Scanned with CamScanner

Клинтона, популяризировал идею борьбы с глобальным потеплением и написал книгу *«Неудобная правда. Глобальное потепление. Как остановить планетарную катастрофу».* На её основе был снят потрясающий научно-популярный фильм, ставший экологическим хитом. Автор книги, многие годы ведущий компанию по предотвращению негативного воздействия человека на окружающую среду, рассказывает об экологии и угрозе, вызванной глобальным потеплением. Он пишет: *«Иногда кажется, что наш климатический кризис протекает медленно, но на самом деле он происходит очень быстро, став воистину планетарной опасностью».*

Губернатор штата Калифорния Арнольд Шварцнегер написал открытое письмо президенту Джорджу Бушу с критикой экологической политики США и объявил о радикальном плане к 2020 году сократить выбросы углекислого газа на 25%. По подсчетам экспертов, *до 40%* углекислого газа вырабатывается деятельностью электростанций. Вклад промышленности *–18%,* транспорта – *20%,* сферы обслуживания и коммунального хозяйства – *13%.* Контроль над выбросами парниковых газов в атмосферу должен обойтись человечеству в один процент ВВП, причем с развитием соответствующих технологий эта цена должна еще снизиться.

Вышеизложенное дало основание Международной конференции по проблемам изменения климата (Торонто, 1979 г.) заявить, что «...конечные последствия парникового эффекта могут сравниваться только с глобальной ядерной войной».

На конференции ООН в Киото (Япония) в 1997г. Правительствами большинства стран мира подписан Киотский протокол – международное соглашение о контроле за выбросами парниковых газов. Цель протокола – создать новый экономический механизм снижения выбросов – торговлю квотами и проекты совместного осуществления.

Scanned with CamScanner

7.7. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ

Термин «кислотный дождь» существует уже более 100 лет; впервые его использовал британский исследователь Роберт Ангус Смит в 1882 году, когда опубликовал книгу «Воздух и дождь: начало химической климатологии». Кислотные дожди (или более правильно, кислотные осадки, так как выпадение вредных веществ может происходить как в виде дождя, так и в виде снега, града) наносят значительный экологический, экономический и эстетический ущерб.

Глобальную опасность явления осознали лишь в 60-х гг. XX в. От кислотных дождей пострадали Скандинавские страны, Канада, США, Западная Европа и т.д. Поэтому эта проблема была поднята Швейцарией на Конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 1972).

Проблема кислотных дождей стала предметом серьезного обсуждения также на XXVIII Генеральной ассамблее Международного союза по теоретической и прикладной химии (ИЮПАК), проходившей в Мадриде в сентябре 1975г. В 1983г. вступила в силу «Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большое расстояние», в которой указано, что страны должны стремиться к ограничению и постепенному уменьшению загрязнению воздушной среды, включая загрязнения, выходящие за пределы своего государства. В июле 1985г. в Хельсинки 20 государств Европы и Канада подписали Протокол о 30%-ном снижении выбросов оксидов серы на территории этих государств или их трансграничных потоков на территории соседних государств. Проблема охраны атмосферного воздуха от загрязнений была отражена и в Законе России об охране окружающей среды (2002 г.).

В последние 15–20 лет возникла сложная экологическая проблема кислотных дождей (pH < 5,0). При сжигании различных видов топлива, а также с выбросами различных предприятий в атмосферу поступает значительное количество оксидов серы и азота. Основная часть оксидов образуется при сжигании бензина или при сжигании угля.

При взаимодействии их с атмосферной влагой образуются азотная и серная кислоты. К ним примешиваются органические кислоты и некоторые соединения, что в сумме дает раствор с

Scanned with CamScanner

кислой реакцией.

Из труб некоторых заводов в атмосферу выбрасывается огромное количество газов. Часть из них – сернистые и азотистые газы – под воздействием ультрафиолетовых лучей и других причин превращается в кислоты. Подкисленная атмосферная влага в виде дождя, снега или тумана выпадает на поверхность суши или водоемов в виде кислотных дождей или иных атмосферных осадков (рис. 55). Эти соединения попадают в атмосферу также естественным путем с извержениями вулканов.



Рисунок 55. *Кислотный дождь*

Кислотные дожди, попадая в почву, на растения и в водоемы, поражают почвообразующие микроорганизмы, сельскохозяйственные посевы, леса, обитателей суши и водоемов. Отмечены случаи выпадения осадков с pH 2,2-2,3, что соответствует кислотности уксуса, которую определяют экспресс-методом с помощью лакмусовой бумаги (рис. 56).

Scanned with CamScanner

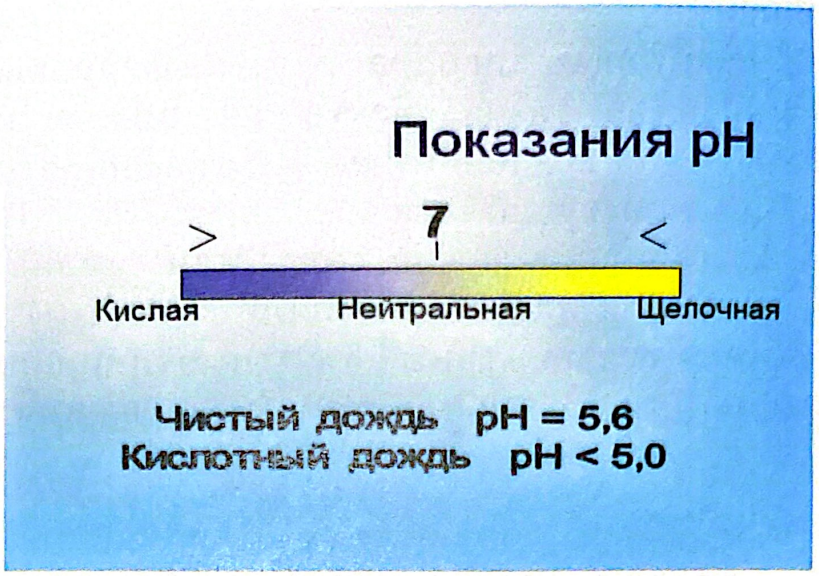


Рисунок 56. *Шкала по определению кислотности осадков*

Механизм образования кислотных осадков следующий: основная часть выбрасываемого диоксида серы во влажном воздухе образует кислотный полигидрат $SO_2 \cdot nH_2O$, который часто называют сернистой кислотой – H_2SO_3:

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$

$H_2SO_3 \leftrightarrow H^+ + HSO_3^-$.

Частично диоксид серы в результате фотохимического окисления превращается в оксид серы(VI) (серный ангидрид) SO_3:

$2\,SO_2 + O_2 \leftrightarrow 2\,SO_3$,

который реагирует с водяным паром атмосферы, образуя аэрозоли серной кислоты:

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

$H_2SO_4 \leftrightarrow H^+ + HSO_4^-$

Аэрозоли серной и сернистой кислот конденсируются в водяном паре атмосферы и становятся причиной кислотных осадков. Они составляют около 2/3 кислотных осадков. Остальное приходится на долю аэрозолей азотной и азотистой кислот, образующихся при взаимодействии диоксида азота с водяным паром атмосферы:

$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$

$HNO_3 \leftrightarrow H^+ + NO_3^-$

$HNO_2 \leftrightarrow H^+ + NO_2^-$

Scanned with CamScanner

В результате выпадения кислотных осадков нарушается равновесие в экосистемах, ухудшается продуктивность сельскохозяйственных растений и питательные свойства почв – уменьшают плодородие почв, вымывают из почвы многие питательные вещества. В своей эволюции живые организмы выработали приспособления к среде обитания, однако они могут нормально существовать только в определенном интервале pH. Изменения pH влечет за собой глубокие биохимические перестройки водных экосистем. Это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур (хлопчатника, томатов, винограда, цитрусовых и т.д.) в среднем на 20–30%. При величине pH менее 5,0 начинается прогрессивное уменьшение их плодородия, а при pH=3, они становятся практически бесплодными.

Кислотные дожди снижают скорость разложения органических веществ. Большинство бактерий и грибов предпочитают нейтральную среду. При pH =6,2 численность бактерий в 1 г почвы составляет 13,6 $x10^6$ а при pH =4,8 $4x10^6$.

Отрицательное влияние кислых осадков сказываются на состоянии почвы, водных экосистем, растений, памятников архитектуры, строения и других объектов, которые в той или иной степени страдают от них.

Из-за кислотных осадков наносится ***ущерб памятникам мировой*** архитектуры: разрушаются Колизей и собор Св. Петра в Риме, собор Св. Марка в Венеции, Дельфы (святилище Аполлона), храмы и усыпальницы в промышленных районах Японии и т.д. Кислотные осадки разрушают сооружения из мрамора и известняка. Исторические памятники Греции и Рима, простояв тысячелетия, за последние годы разрушаются прямо на глазах, такая же судьба грозит и Тадж-Махалу в Лондоне – Тауэру и Вестминстерскому аббатству, в Санкт-Петербурге – Казанскому собору, Александро-Невской Лавре и др. ... (рис. 57).

Огромный каменный обелиск Клеопатры, перевезенный из Египта в Великобританию, за 85 лет пребывания в Лондоне из-за кислотных осадков подвергся более сильным разрушениям, чем за 3000 лет в Александрии. Лидером по воздействию кислотных дождей на здания и архитектурные сооружения в Западной Европе является Манчестер, где за 20 мес. кислотные осадки

Scanned with CamScanner

растворили более 120 г камня (песчаник, мрамор, известняк) с 1 м² сооружений. Далее идут Антверпен (Нидерланды) – потери более 100 г/ м² – и такие города, как Афины, Амстердам, Копенгаген, где кислотные дожди растворили 20–40 г камня с каждого 1 м² сооружения.



Рисунок 57. *Влияние кислотных дождей на сооружения из известняка и мрамора*

Общее количество выбросов SO_2 и NO_2 в мире ежегодно составляет более 250 млн т. В пересчете на душу населения количество выбросов (кг/год): в Дании – 4, бывшем СССР – 18, Англии – 32, Польше – 55, Австрии – 8, Германии – 160, Италии – 20, Швеции – 6 (Г.В. Войткевич, В.А. Вронский, 1996 г.). Кислые осадки особенно типичны для Скандинавских стран, а также Англии, ФРГ, Бельгии, Дании, Польши, Канады, северных районов США. В России очаги образования приходятся на Кольский

Scanned with CamScanner

полуостров, Норильск, Челябинск, Красноярск и другие районы. В наши дни в Санкт-Петербурге pH дождя колеблется от 4,8 до 3,7, в Красноярске – от 4,9 до 3.8, в Казани – от 4.8 до 3,3. В городах до 70–90% загрязнений в атмосферу, в том числе и способствующих образованию кислых осадков, поставляет автотранспорт (Ю.В. Новиков. 1998 г.).

Поступая в почву, кислые осадки увеличивают подвижность и вымывание катионов, снижают активность редуцентов, азотофиксаторов и других организмов почвенной среды. При pH равном 5 и ниже, в почвах резко возрастает растворимость минералов, из них высвобождается алюминий, который в свободной форме ядовит.

Кислые осадки также повышают подвижность тяжелых металлов (кадмия, свинца, ртути). В ряде мест кислые осадки и продукты их действия (алюминий, тяжелые металлы, нитраты и др.) проникают в грунтовые воды, а затем в водоемы и водопроводную сеть, где также способствуют высвобождению из труб алюминия и других вредных веществ. Как результат, происходит ухудшение качества питьевой воды. Действие кислых осадков на водные экосистемы весьма многообразно. Попадая в водные источники, они повышают кислотность и жесткость воды. При pH ниже 6 сильно подавляется деятельность ферментов, гормонов и других биологически активных веществ, от которых зависят рост и развитие организмов. Особенно отрицательное действие проявляется, в основном, на яйцеклетках и молоди.

Сейчас на Земле насчитываются многие тысячи озер, практически лишившихся своих обитателей. Почти 20% рек и озер Швеции, Норвегии и Канады потеряли более половины обитающих в них организмов. Так, в Швеции в 14 тысячах озёр уничтожены наиболее чувствительные виды, а 2200 озёр фактически безжизненны. Около 1000 озёр в США заметно подкислено, а более 3 тысяч имеют кислотность, неблагоприятную для многих обитателей. Действие кислых осадков и атмосферных загрязнений на леса способствует выщелачиванию из растений биогенов (особенно кальция, магния и калия), сахаров, белков, аминокислот.

Кислые осадки повреждают защитные ткани, увеличивают

Scanned with CamScanner

вероятность проникновения через них патогенных бактерий и грибов, способствуют появлению вспышек численности «насекомых». Такие воздействия имеют конечным результатом снижение фитоценозами продуктивности, а нередко и их массовую гибель. Накоплено много данных об отрицательном влиянии кислых осадков на растения через почву, прежде всего, в результате увеличения подвижности алюминия и тяжелых металлов. Свободный алюминий повреждает молодые корни, создает очаги для проникновения в них инфекций, а также вызывает преждевременное старение деревьев. Особенно, сильно повреждаются хвойные леса, что в первую очередь связано с большой продолжительностью жизни их хвои (4–6 лет), обусловливающей накопление в ней относительно больших концентраций токсикантов. Изменения pH влечет за собой глубокие биохимические перестройки водных экосистем. Сейчас особо много внимания уделяется поражению лесов в результате совместного действия традиционных загрязнителей (SO_2, NO_2) и озона. Приземный озон является в основном продуктом фотохимического смога. В его присутствии интенсивно разрушается хлорофилл, причем как в результате прямого влияния, так и через ускорение расходования витамина С, который защищает хлорофилл от окисления.

Сегодня уже никто не сомневается, что кислотные дожди являются одной из причин гибели жизни в водоемах, лесов, урожаев и растительности. Когда pH снижается до 6,5-6,0, погибают многие моллюски, ракообразные, гибнет икра земноводных (рис. 58). При pH равным 6,0-5,0 гибнут наиболее чувствительные планктонные организмы и насекомые, сиговые рыбы, форель, хариус, лосось, плотва, окунь и щука. Рыба гибнет не только от прямого действия кислоты. Вытесненный из горных пород и донных отложений подвижный алюминий повреждает жаберный аппарат. Из-за нарушения кальциевого равновесия рыба теряет способность к воспроизводству. При pH менее 5,5 мхи и нитчатые водоросли вытесняют основную растительность водоема, иногда в воду даже переселяется сфагновый мох – обитатель суши. При pH ниже 4,5 в воде озер вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода.

Scanned with CamScanner



Рисунок 58. *Результаты закисления водных объектов*

Причиной образования кислотных дождей могут быть как естественные (рис. 59) так и искусственные (рис. 60). Ежегодно в атмосферу Земли выбрасывается около 200 млн. т твердых частиц (пыль, сажа и др.), 200 млн.т сернистого газа (SO_2), 700 млн. т оксида углерода (II), 150 млн. т оксидов азота (NO_x), что составляет в сумме более 1 млрд. т вредных веществ.

При извержениях вулканов преобладает оксид серы (IV), в меньшем количестве в атмосферу поступает сероводород, а также сульфаты в виде аэрозолей и твердых частиц. Ежегодно во всем мире в результате вулканической деятельности выделяется 4–16 млн. т соединений серы (в пересчете на SO_2).

Scanned with CamScanner



Рисунок 59. *Естественные причины кислотных дождей*



Рисунок 60. *Искусственные источники кислотных дождей*

Scanned with CamScanner

7.8. ИСТОЩЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

С начала 20 века ученые наблюдают за состоянием озонового слоя атмосферы. Сейчас уже все понимают, что стратосферный озон является своего рода естественным фильтром, препятствующим проникновению в нижние слои атмосферы жесткого космического излучения – ультрафиолета-В. Благодаря этому он задерживает около 20% излучения Земли, повышая отепляющее действие атмосферы

Озоновая проблема, первоначально поднятая учеными, вскоре стала предметом политики. 16 сентября 1987 г. был принят Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. Впоследствии по инициативе ООН этот день стал отмечаться как ***День защиты озонового слоя***.

Озон образуется в верхних слоях атмосферы из атомарного кислорода в результате химической реакции под влиянием солнечной радиации, вызывающей диссоциацию молекул кислорода.

Озоновый «экран» расположен в стратосфере, на высотах от 7-8 км. на полюсах, 17–18 километров на экваторе и примерно до 50 километров над земной поверхностью. Гуще всего озон в слое 22 - 24 километров над Землей. Слой озона удивительно тонок. Если бы этот газ сосредоточить у поверхности Земли, то он образовал бы пленку лишь в 2–4 мм толщиной (минимум – в районе экватора, максимум – у полюсов). Однако и эта пленка надежно защищает нас, почти полностью поглощая опасные ультрафиолетовые лучи. Без нее жизнь сохранилась бы лишь в глубинах вод (глубже 10 м) и в тех слоях почвы, куда не проникает солнечная радиация.

Озон – активный газ и может неблагоприятно действовать на человека. Обычно его концентрация в нижней атмосфере незначительна и он не оказывает вредного влияния на человека. Большие количества озона образуются в крупных городах с интенсивным движением автотранспорта в результате фотохимических превращений выхлопных газов автомашин.

Озон, также, регулирует жесткость космического излучения. Если этот газ хотя бы частично уничтожается, то, естественно жесткость излучения резко возрастает, а, следовательно, происходят реальные изменения растительного и животного мира.

Scanned with CamScanner

Обнаружено, что в течение многих лет озоновый слой претерпевает небольшое, но постоянное ослабление над некоторыми районами Земного шара, включая густо населенные районы в средних широтах Северного полушария. Над Антарктикой обнаружена обширная «озоновая дыра». В последние годы наблюдается устойчивая тенденция снижения содержания озона в стратосфере – неуклонное истощение озонового слоя (рис. 61).

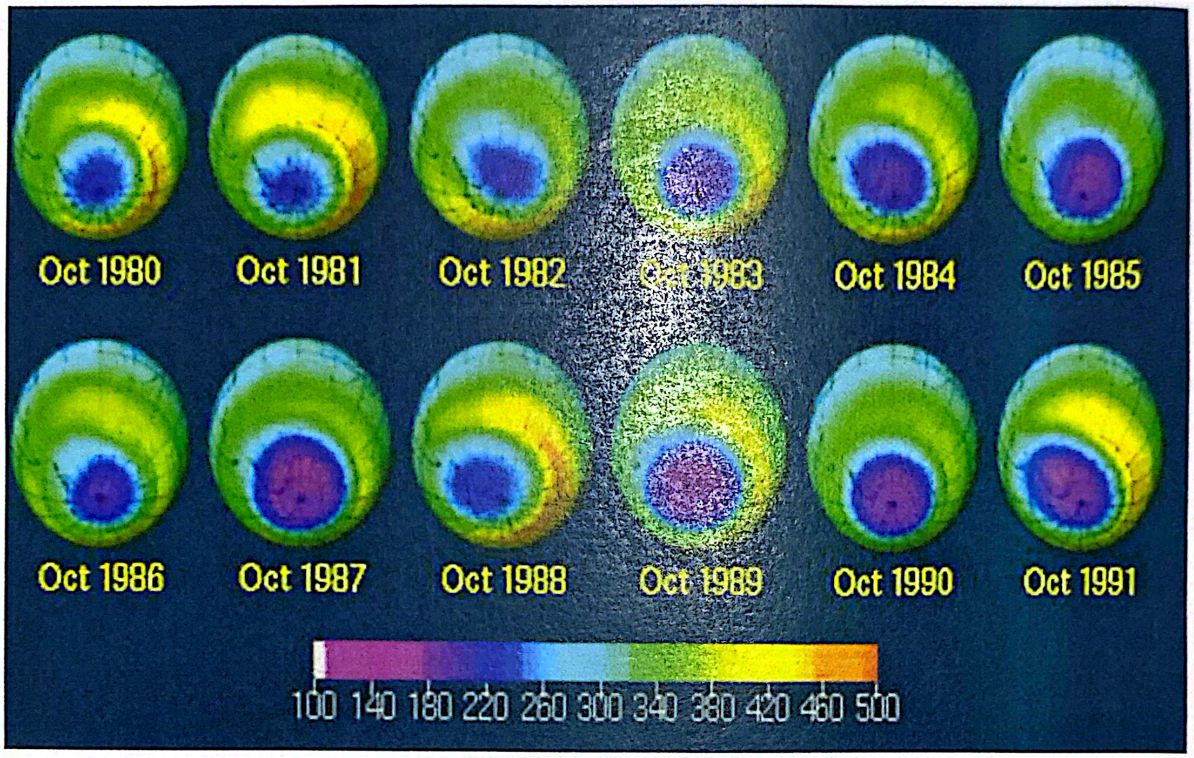


Рисунок 61. *Изменение озонового слоя*

По разным оценкам, в средних и высоких широтах северного полушария такое уменьшение составило 2–10%.

Впервые истощение озонового слоя привлекло внимание широкой общественности в 1985 году, когда над Антарктидой было обнаружено пространство с пониженным (до 50%) содержанием озона, получившим название ***«озоновой дыры»***. С тех пор результаты измерений подтверждают повсеместное уменьшение озонового экрана практический на всей планете. Так, например, в России за последние 10 лет концентрация озонового слоя снизилась на 4-6% в зимнее время и на 3% – в летнее.

Scanned with CamScanner

В настоящее время ***«озоновая дыра»*** вышла за пределы континента и по размерам (10 млн *км²)* превышает площадь США. Меньшая по размерам «дыра» наблюдается над Арктикой. Отмечается появление т.н. *«блуждающих дыр»* площадью от 10 до 100 тыс. км² в других регионах, где потери озона достигают 20–40% от нормального уровня (около 0.06 мг/м³). Беспрецедентная аномалия озона, как по уровню его дефицита, так и по размерам затронутой территории, была отмечена в России. Согласно Росгидромету, в феврале 1995 г. над всем Северным полушарием, а особенно над рядом районов Восточной Сибири, вплоть до Урала, зафиксировано рекордное уменьшение концентрации озона — до 40%, сохранявшееся в течение 25 суток. К середине марта и отдельных районах оно достигло 50%. Как следствие, в апреле и декабре отклонение от климатических норм составило 15%.

Истощение озонового слоя признано всеми как серьезная угроза глобальной экологической безопасности. Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать всё живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения (УФ-радиация). Живые организмы весьма уязвимы для ультрафиолетового излучения, т.к. энергии даже одного фотона из этих лучей достаточно, чтобы разрушить химические связи в большинстве органических молекул. Не случайно в таких районах многочисленны солнечные ожоги, наблюдается рост заболеваемости людей раком кожи, возможно развитие глазных болезней, подавление иммунной системы. Растения в таких условиях теряют способность к фотосинтезу, а нарушение жизнедеятельности планктона приводит к разрыву трофических цепей биоты водных экосистем.

Наука ещё до конца не установила, каковы же основные процессы, нарушающие озоновый слой. Предполагается как естественное, так и антропогенное происхождение «озоновых дыр». Более вероятно антропогенное влияние и связано с повышенным содержанием *хлорфторуглеродов (френонов).* Поднимаясь в атмосферу фреоны разлагаются с выделением оксида хлора, разрушающего молекулы озона.

По данным международной экологической организации «Гринпис», основными поставщиками фреонов являются США –

Scanned with CamScanner

30,85%, Япония –12,42%, Великобритания – 8,62%, Россия – 8%. США пробили в озоновом слое «дыру» площадью 7 млн км², Япония – 3 млн км². В последнее время в США и ряде западных стран построены заводы по производству новых видов хладореагентов с низким потенциалом разрушения озонового слоя.

Ряд ученых продолжают настаивать на естественном происхождении «*озоновой дыры*».

Крайне опасные для человека и многих животных последствия истощения ***озонового экрана*** – увеличение числа заболеваний раком кожи и катарактой глаз. Из-за уменьшения концентрации озона только на 1%, происходит увеличение интенсивности УФ-излучения у поверхности Земли на 15%. В свою очередь, это, согласно официальным данным ООН, приводит к появлению в мире 100 тыс. новых случаев катаракты и 10 тыс. случаев рака кожи, а также снижению иммунитета как у человека, так и у животных. По мнению врачей, каждый потерянный процент озона в масштабах планеты вызывает до 150 тысяч дополнительных случаев слепоты из-за катаракты, на 2,6 процента увеличивается количество раковых заболеваний кожи, значительно возрастает число болезней, вызванных ослаблением иммунной системы человека. Наибольшему риску подвержены жители северного полушария со светлой кожей. Но страдают не только люди. УФ-В излучение, к примеру, крайне вредно для планктона, мальков, креветок, крабов, водорослей, обитающих на поверхности океана.

Помимо ухудшения здоровья, истощение озонового слоя способствует усилению «парникового эффекта», снижению урожайности, деградации почв, общему загрязнению окружающей среды. Согласно Ю.В. Новикову (1998г.), проникновение через «озоновые дыры» солнечных рентгено- и ультрафиолетовых лучей, энергия фотонов которых превышает энергию лучей видимого спектра в 50–100 раз, увеличивает число мощных лесных пожаров. В 1996 г. в России сгорело 2 млн га лесов, в 2002 г. – более 1 млн га. Основным антропогенным фактором, разрушающим озон, считают фреоны (хладоны), которые широко используются как газы-носители (пропилленты) в различного рода аэрозольных баллончиках,

Scanned with CamScanner

холодильных установках и т.п. Будучи чрезвычайно инертными, фреоны минуют тропосферу без изменений. Только в стратосфере они подвергаются фотохимическому разложению по радикальному механизму, например:

hv, hv

$CFCl_3 \longrightarrow CFCl_2 + Cl$ или $CF_2Cl_2 \longrightarrow CF_2Cl + Cl.$

Образовавшиеся активные атомы хлора включаются в циклический процесс разрушения озона:

$Cl + O_3 > ClO + O_2$

$C1O + O — C1 + O_2$

$O_3 + O \longrightarrow 2O_2$

Фреоны способны находиться в атмосфере, не разрушаясь 70-100 лет, поэтому они всегда достигают озонового слоя и разрушают его. При этом каждый атом хлора как катализатор способен разрушить до 100 тыс. атомов озона. До недавнего времени в мире производилось около 1,3 млн т озоноразрушающих веществ. Около 35% производимого объема приходилось на США, 40% – на страны Европы, 10–12% - Японию, 7–10% – Россию. Из других техногенных причин разрушения озонового слоя называют уничтожение лесов как основных поставщиков кислорода в атмосферу. Зарегистрировано также разрушение озона при ядерных взрывах в атмосфере, крупных пожарах и других явлениях, сопровождающихся поступлением в верхние слои атмосферы оксидов азота и некоторых углеводородов. Установлено также, что уничтожают озон полеты сверхзвуковых самолетов в стратосфере, запуски космических ракет. Только один запуск авиакосмической системы «Шаттл» приводит к потерям 10 млн т озона. 300 таких запусков в год – и практически весь озон будет уничтожен. В последние время ученые высказывают предположение о существенном вкладе природных явлений в процессы разрушения озона и возникновения «озоновых дыр». К таковым относятся, например, 11-летние циклы солнечной активности, выход озонразрушающих газов (водород, метан) из разломов земной коры, наличие своеобразных восходящих вихрей над Антарктидой, способствующих рассеиванию озона.

Scanned with CamScanner

Ряд ученых продолжают настаивать на естественном происхождении *«озоновой дыры»*.

7.9. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БЛИЖНИЙ КОСМОС

Околоземное космическое пространство (ОКП) представляет собой внешнюю газовую оболочку, которая окружает планету. Оно играет значительную роль в сложнейших солнечно – земных взаимосвязях, определяющих условия жизни на Земле. Антропогенные воздействия на ОКП, связанные с началом космической эры, весьма опасны, они оказались значительнее уровня более продолжительного влияния человека на любую другую природную среду, например, приземную атмосферу (тропосферу). ОКП уязвимее, нежели другие среды, поскольку количество вещества в ней неизмеримо меньше, а энергетика процессов гораздо слабее по сравнению с тропосферой, а тем более гидро- и литосферой.

Выделяют следующие виды воздействия человека на эту среду:

1) выброс химических веществ, вследствие работы двигателей ракет;
2) создание энергетических и динамических возмущений в результате полетов ракет;
3) загрязнение твердыми фрагментами, космическим мусором;
4) электромагнитное излучение радиопередающих систем;
5) радиоактивное загрязнение и жесткое излучение от ядерных энергетических установок, используемых на космических аппаратах;
6) попадание загрязнителей из приземной атмосферы.

Практически бесконтрольное использование ОКП привело к его загрязнению огромным количеством мусора (более 3000 т по данным М.Н. Власова, 1998 г.). Фрагменты космических летательных аппаратов сосредоточиваются на высотах более 400 км; они занесены в каталог, за ними ведется постоянное слежение. Наиболее опасно большое количество мелких (менее 10 см) осколков; их поток существенно превышает поток

Scanned with CamScanner

метеоритов. По некоторым данным, при сохранении современных темпов загрязнения общее количество твердых частиц размером более 1см вырастет за 100 лет более чем в 2 раза, что представит реальную опасность для космических полетов. Наиболее опасным с позиции изменения свойств ОКП в негативную сторону признается выброс химических веществ. Так, в результате пролета одной тяжелой ракеты «Протон» (РФ) в ОКП поступает около 100 т воды и более 90 т диоксида углерода. Для американского «Шаттла» эти показатели выше. Указанные химические вещества активно реагируют с ионами кислорода ионосферы, причем оказалось, что процесс идет гораздо быстрее, нежели в естественных условиях. Как следствие, резко возрастает скорость рекомбинации ионосферной плазмы и падает концентрация заряженных частиц, т. е. образуются т. н. «ионосферные дыры». Сообщалось, что наиболее крупномасштабные нарушения были зарегистрированы после запуска ракет «Сатурн-5» (США) горизонтальные размеры «дыры» составили тысячи километров, а содержание электронов уменьшилось в них в несколько раз. Напомним также, что диоксид углерода (CO_2), который при запуске ракет распространяется на сотни километров, играет большую роль в тепловом балансе термосферы. Как считают специалисты, сохранение ОКП как внешней защитной оболочки Земли возможно только при условии ограничения пусков ракет и принципиального изменения технических средств и методов выведения космических кораблей на орбиту.

Первыми заметили неумолимые признаки, свидетельствующие о чрезмерной эксплуатации космоса, астрономы.

В 1961 г. произошел первый взрыв ступени ракеты-носителя спутника США серии «Транзит», а в 1964 г. – первый целенаправленный взрыв (по команде с Земли) советского спутника «Космос-50». Начался рост числа «рукотворных», но уже никому не нужных предметов на околоземных орбитах. На первых порах эти события не волновали ни ученых, ни проектировщиков космической техники, ни общественность.

С развитием технологий космоса появилось множество проблем возникновения мусора. Постоянно происходило

Scanned with CamScanner

увеличение содержания мусора в околоземном космическом пространстве, что наглядно видно из рисунка 62.

В СССР и США в рамках задач противоракетной и противокосмической обороны были созданы системы контроля околоземного пространства, оснащенные радарами дальнего обнаружения и оптическими инструментами. Задачи служб контроля состоят в обнаружении, сопровождении, получении координатной информации и изображений объектов, их идентификации, анализе и отображении космической обстановки. Всего службами контроля космоса зафиксировано и непрерывно отслеживается сейчас чуть более *10 тыс. объектов*, находящихся на околоземных орбитах.

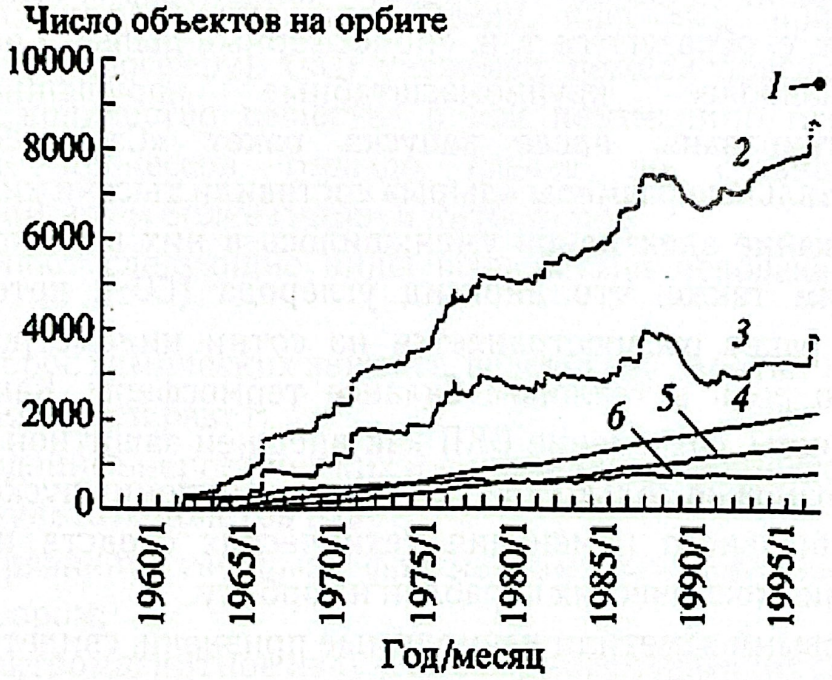


Рисунок 62. *Увеличение содержания мусора в космическом пространстве. 1 – общее число объектов, включая не занесенные в официальные каталоги; 2 – общее число объектов, занесенных в каталоги; 3 – фрагменты космического мусора; 4 – космические аппараты; 5 – верхние ступени ракет; 6 – эксплуатационный мусор*

Наиболее засорены, конечно же, часто используемые области околоземных орбит: на высотах 850–1200 км и в зоне геостационарных орбит. Здесь же концентрируется и космический мусор. На высотах 850–1200 км летают

Scanned with CamScanner

метеорологические спутники и спутники дистанционного зондирования Земли, а также большая часть спутников с ядерными энергетическими устройствами. Последние на этих высотах могут существовать сотни лет до полного исчезновения радиационной опасности. Случаи досрочного разрушения возможны вследствие соударения с частицей размером меньше 0,1 см, летящей со скоростью пули –10 км/с.

Для оценки реального риска столкновения действующих спутников с фрагментами космического мусора необходимо учитывать и *некаталогизированные* объекты, что подразумевает знание их пространственного распределения. Основным источником некаталогизированных объектов являются разрушения космических аппаратов и ракет-носителей вследствие взрывов или высокоскоростных столкновений. При этом, чем меньше размер фрагмента, тем большее количество обломков такого размера образуется. Следовательно, наблюдаемые обломки составляют лишь очень небольшую часть общего числа частиц, находящихся в околоземном пространстве.

Не случайно в 1999 г. Международный астрономический союз и КОСПАР организовали симпозиум на тему «Сохранность астрономического неба» («Preserving the Astronomical Sky»). Но завтра последствия чрезмерной эксплуатации космоса затронут и других его «пользователей», а затем и всех людей на Земле.

Спутники-геостационары, кроме всего прочего, могут быть подвержены также бомбардировке со стороны естественных небесных тел: от микрометеоритов до болидов. Проблема космического мусора кажется несерьезной, облачной. Но у такого определения есть и вторая сторона – облака крохотных частиц мусора вполне могут причинить серьезный вред космическим аппаратам (рис.63).

Серьезные проблемы создают микрометеоры из активного метеорного потока. Такие облака из обломков уже известны специалистам, занимающихся слежением за опасными объектами на орбите около Земли. Так, ведется наблюдение за обломками, образовавшимися при столкновении спутников Космос 2251 и Иридиум 33 в феврале 2009 года и за обломками китайского спутника, взорванного ради любопытства в 2007 году. В конце концов, проблемами космического мусора могут

Scanned with CamScanner

заниматься Европа, США и Россия. Китай далек от решения подобных проблем.



Рисунок 63. *Распределение мусора по орбитам*

Борьба с космическим мусором остается в зародыше. В первую очередь это связано с тем, что на текущем уровне развития технологий для сведения единицы мусора с орбиты нужен один аппарат. Это слишком дорого. Создание космических тральщиков, которые собирали бы мусор сетями, пока что удел далекого будущего. То, что представляется самым важным – оборудование каждого спутника (разумеется, кроме китайских) системой сведения с орбиты после отработки. Также, конечно, необходимо следить за максимальным числом обломков на орбите, при этом особенно важно иметь представление об орбитах крупных объектов. Их не только легче заметить, но они также наиболее опасны. Хотя для выведения из строя спутника достаточно крохотного обломка, движущегося на огромной скорости (рис. 64, 65). Столкновение двух крупных объектов создаст тысячи новых обломков. Похуже, чем один мертвый спутник.

Scanned with CamScanner

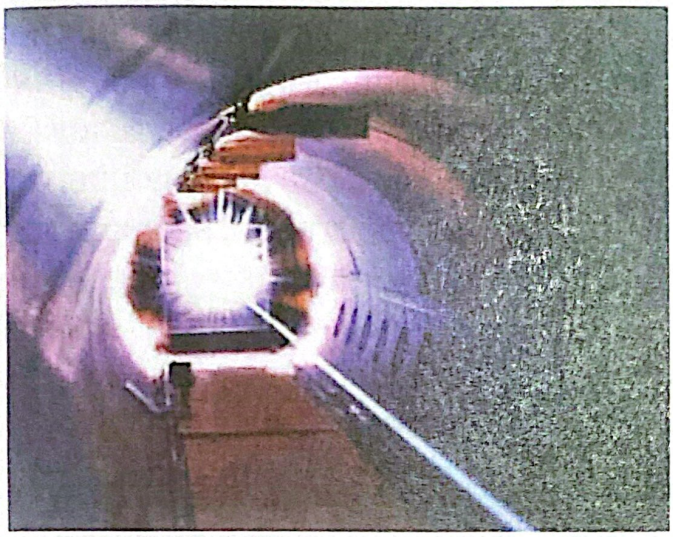


Рисунок 64. *Результат удара типичного объекта космического мусора (wikipedia.org)*

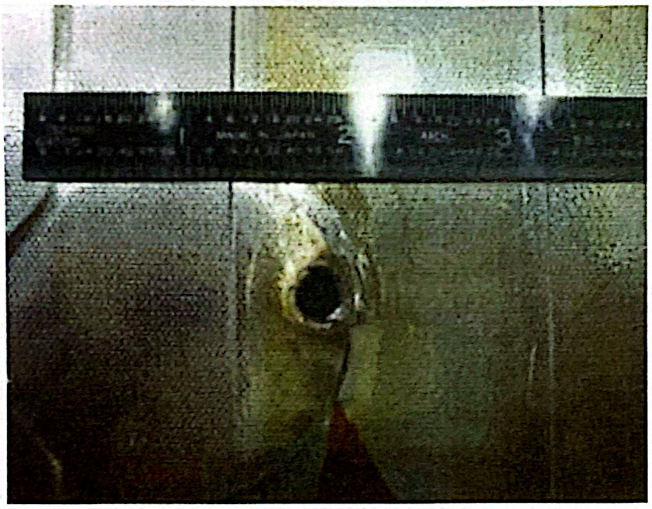


Рисунок 65. *Пробоина в обшивке шаттла Индевор (wikipedia.org)*

Практически задачи определения формы и ориентации космических объектов решается на основе длинных рядов фотометрических наблюдений. Зная все характеристики поля рассеяния исследуемого объекта, можно установить его форму с той степенью детализации, которая допускается фотометрической точностью. Это весьма трудоемкая работа, требующая длительных наблюдений в течение всего периода видимости объекта на протяжении нескольких ночей. Решение таких задач – яркий пример возможностей использования оптических координатно-фотометрических наблюдений спутников.

Scanned with CamScanner

Из-за огромного количества находящихся в околоземном пространстве частиц различного происхождения не может быть и речи об их полном и постоянном отслеживании. Поэтому актуальными направлениями дальнейшего исследования загрязнения околоземного пространства являются:

- совершенствование методики моделирования мелких фрагментов космического мусора на основе специальных экспериментов и согласования параметров моделей с экспериментальными данными;
- изучение общих закономерностей процесса миграции вещества в Солнечной системе, источников пополнения семейства объектов, сближающихся с Землей, выявление и каталогизация таких объектов;
- проведение наблюдений представительных выборок объектов искусственного и естественного происхождения, населяющих околоземное пространство, уделяя особое внимание исследованию взорвавшихся объектов;
- осуществление по фотометрическим данным выборочного контроля за отдельными объектами.

7.10. УНИЧТОЖЕНИЕ И ДЕГРАДАЦИЯ ЛЕСОВ

По данным ООН, площадь лесов планеты сокращается ежегодно на 25 млн га (половина территории Франции), что составляет около 1% лесистой суши Земли. Однако при этом важно подчеркнуть, что вырубки идут главным образом в странах «третьего мира», так как Европа и США научились ценить свои леса. Площадь тропического леса Южной Америки («легкие Земли») сокращается с каждым годом, что грозит обернуться в перспективе глобальной экологической катастрофой. Леса Амазонки. занимавшие еще в 1980 г. площадь около 7 млн км^2, интенсивно выжигают. Тропические леса, покрывающие почти 7% земной поверхности в экваториальных районах и вносящие огромный вклад обогащение атмосферы Земли кислородом и, напротив, в поглощение диоксида углерода, уничтожаются со скоростью 10 млн га в год (рис. 66).

Вредными выбросами промышленности поражено 30% лесов Австрии, 50% лесов Германии, леса Чехии, Словакии,

Scanned with CamScanner

Польши. Леса Скандинавских стран сильно пострадали от кислотных дождей, виновниками в образовании которых являются другие европейские страны. Деградируют канадские леса от загрязнений, переносимых из США: до 70–80% деревьев, произрастающих, в частности, в кленовых лесах.



Рисунок 66. *Экологические проблемы – вырубка лесов*

В России ежегодно вырубается 1,8 млн га и, кроме того, миллион гектаров лесных угодий гибнет или повреждается вредными промышленными выбросами. Так, на Кольском полуострове леса гибнут со скоростью 1 км в год. Ученые предупреждают, что уничтожение лесов ведет к снижению порога устойчивости биосферы, увеличению силы наводнений, селей. водной эрозии, пыльных бурь, засух и суховеев, ускорению процессов опустынивания. Ежедневно на планете вымирает один-два вида диких растений, при этом следует помнить, что только один вид растений обеспечивает существование в среднем 11 видов животных, а в тропических лесах – даже 20 видов. Следовательно, с обезлесением ландшафтов сокращается генетическое разнообразие экологических систем, постепенно уничтожается живое вещество биосферы. Многие лесные массивы, в первую очередь пригородные, стали местами

Scanned with CamScanner

массового отдыха. Однако такое рекреационное лесопользование, оздоровляя человека, способно, тем не менее, вызвать ухудшение качественного состояния леса, а в ряде случаев и его полную деградацию. При этом снижаются санитарно-гигиенические, водоохранные и почвозащитные функции природных лесов, а также теряется их эстетическая ценность. С уплотнением почвы (автомашины, туристы) ухудшаются состояние древесно-кустарниковой растительности, а также питание деревьев, поскольку на высоких вытоптанных участках почва подсыхает, а на пониженных — переувлажняется. Как следствие ухудшения питания, деревья ослабляются, их рост замедляется. Кроме того, уплотнение почвы нарушает ее структуру, уменьшает пористость, резко ухудшает условия жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Бесконтрольный сбор грибов, ягод, цветов снижает уровень самовозобновления соответствующих растений. Шум отпугивает птиц и животных, часто мешает им нормально растить потомство. Зарубки на стволах, обламывание ветвей вызывают заражение деревьев насекомыми-вредителями. Участок земли, на котором был разведен костер, полностью выходит из строя на многие годы.

7.11. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА

Подразделение вреда от загрязнения природной среды на экономический и экологический логично вытекает из самой системы взаимодействия общества и природы, где функционируют две подсистемы – экономическая и экологическая. Рассмотрим более подробно возможные формы и виды ущербов, образовавшихся в результате изменений в природной среде под влиянием хозяйственной деятельности человека. Согласно Т.А. Деминой (1996 г.), все виды ущербов можно подразделить на исчислимые (стоимостные или натуральные) и условно-исчислимые, т.е. практический не поддающиеся количественной оценке. В свою очередь, исчислимый ущерб подразделяется на экономический и социально-экономический.

Scanned with CamScanner

Экономический ущерб включает:

- потери в результате недополучения промышленной, сельскохозяйственной и лесохозяйственной продукции;
- потери вследствие снижения продуктивности биогеоценозов;
- затраты, обусловленные сокращением срока службы зданий и сооружений;
- потери сырья, топлива и материалов, вызванные выбросами, сбросами;
- затраты на ликвидацию последствий от загрязнения;
- затраты на восстановление или поддержание равновесия в экосистемах;
- потери производства, вызванные снижением эффективности труда, которое, в свою очередь, обусловлено ростом заболеваемости.

К социально-экономическому ущербу относятся: затраты в области здравоохранения и социального обеспечения из-за роста заболеваемости; затраты на сохранение рекреационных ресурсов; потери вследствие миграции, вызванной ухудшением качества среды.

Условно-исчислимый вид ущерба подразделяется на социальный и экологический.

К социальному ущербу относятся:

- эстетический ущерб от деградации ландшафтов;
- увеличение смертности, патологических изменении в организме людей;
- психологический ущерб, вследствие неудовлетворенности населения качеством среды.

Экологический ущерб составляют необратимые разрушения уникальных экосистем, исчезновение некоторых видов флоры и фауны, генетический ущерб.

Так, экономический вред, возникший в результате нарушения Правил пожарной безопасности в лесах, включает: стоимость уничтоженной огнем товарной древесины, строений и сооружений, пострадавших при пожаре, затрат на тушение пожара и последующую уборку территории, расходов по возмещению ущерба другим организациям и лицам. Однако есть и другие потери. *Перестал существовать лесной массив,*

Scanned with CamScanner

атмосфера лишилась одного из естественных своих фильтров, очищающих воздух от пыли и газов, а почвы и реки — от эрозии и обмеления.

Отсюда возникает необходимость исчислять не только экономический, но и экологический вред. Экологический вред посягает на право человека на чистую, здоровую и благоприятную для жизни природную среду.

Экологический вред неразрывно связан с экономическим, поскольку оба исходят из одного и того же источника причинения и имеют одни и те же способы проявления. Так, загрязнение водоема в результате сброса неочищенных стоков не только ухудшает качество вод, делая их экологически вредными, но и наносит ущерб товарным запасам рыб и других водных животных, приводит в негодность пляжи, места отдыха и т.д. Ущерб от загрязнения окружающей среды непрерывно растет, причем во всех промышленно развитых странах; например, по данным Национального совета США по контролю за загрязнением, ущерб от выбросов вредных веществ в атмосферу для экономики страны составил и 1968 г. 1,6 мрд долл., в 1977 г. уже 24.9 млрд. долл. По некоторым сведениям, ныне он превышает астрономическую цифру – 100 млрд. долл.

Выразить экологический вред в деньгах – это значит не только оценить необходимые затраты на восстановление нарушенной природной среды, на воспроизводство природных ресурсов и комплексов: обязательно следует вычислить те потери, которые невосполнимы или трудно восполнимы. Например, в случае уничтожения лесного массива в расчет ущерба необходимо брать:

а) расходы по посадке и выращиванию леса до взрослого состояния;

б) стоимость ущерба, который будет нанесен природной среде (рекам и озерам, почвам, животному миру) и здоровью человека (из-за ухудшения процессов поглощения лесом диоксида углерода, очистки воздуха от пыли, генерации кислорода в результате фотосинтеза);

в) морально-эстетический ущерб для населения в течение всего периода постепенного биологического созревания вновь посаженного леса.

Scanned with CamScanner

ГЛОССАРИЙ

ЭКОЛОГИЯ ОБЩАЯ – наука о наиболее общих закономерностях взаимоотношений организмов и их сообществ со средой. Обычно рассматривается как синоним экологии биологической или экологии классической. Включает экологию особей (аутэкология), экологию популяций (популяционная экология), экологию сообществ и учение об экосистемах (синэкология), учение о биосфере (глобальная экология).

ЭКОЛОГИЯ ПРИКЛАДНАЯ – раздел экологии, занимающийся разработкой допустимых нагрузок на среду и экосистемы, норм использования природных ресурсов, методов управления экосистемами, способов «экологизации» различных отраслей хозяйства, моделированием экосистем или экосистемных процессов и т.п.

ЭКОЛОГИЯ СОЦИАЛЬНАЯ – научная дисциплина, рассматривающая взаимоотношения в системе «общество-природа», специфическую роль человека в экосистемах различного ранга, отличие этой роли от других живых существ, пути оптимизации взаимоотношений человека со средой, основы рационального природопользования.

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА – раздел социальной экологии, задачей которого является изучение адаптации человека или его групп (популяций) к изменяющейся среде (в ряде случаев социальной), влияние среды на здоровье людей.

ЭКОПОЛИС – городское поселение, в котором максимально сочетаются для человека преимущества городской среды и экологические потребности.

ЭКОСИСТЕМА – любое сообщество живых существ и среды обитания, существующее как единое функциональное целое. Основные признаки экосистемы – круговорот веществ и поток энергии, способность противостоять (в определенных пределах) внешним воздействиям, самовосстанавливаться и развиваться. Различают микроэкосистемы (например, ствол гниющего дерева, небольшой пруд и т.п.), мезоэкосистемы (лес, озеро, река и т.п.), макроэкосистемы (океан, континент и др.) и глобальную экосистему в границах всей планеты (биосферы).

Scanned with CamScanner

ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ – наличие у системного целого (экосистемы) особых свойств, не присущих элементам (подсистемам, блокам) его составляющих; несводимость целого к сумме его частей.

АККУМУЛЯЦИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМАМИ – накопление в живых организмах химических веществ, содержащихся в среде обитания. Степень аккумуляции на более высоких уровнях цепей питания закономерно увеличивается.

БИОГЕОЦЕНОЗ – (определение автора термина В.Н. Сукачева) эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей их абиотической среды. Синоним, но не во всех случаях, термина «экосистема».

БИОМАССА – количество живого вещества (суммарное или относящееся к отдельным видам, популяциям, жизненным формам организмов и т.п.) на единице площади или объема экосистемы.

БИОСФЕРА – нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы Земли, где встречаются живые организмы (современная биосфера, или нообиосфера) или только продукты их жизнедеятельности (былые биосферы, или палеобиосферы); оболочка Земли, в которой деятельность живых организмов проявляется или проявлялась как геохимический фактор планетарного масштаба; самая крупная (глобальная) экосистема Земли.

БИОТОП – часть (блок) экосистемы, представляющая среду обитания для организмов (биоценоза), может быть представлен абиотическими и биотическими факторами.

БИОЦЕНОЗ – часть (блок) экосистемы (биогеоценоза), представленная совокупностью взаимосвязанных организмов; применительно к крупным экосистемам и биосфере в целом вместо термина «биоценоз» обычно используют термин «биота».

ВЕЩЕСТВО БИОГЕННОЕ – химические соединения, возникшие в результате жизнедеятельности организмов.

ВЕЩЕСТВО ЖИВОЕ – совокупность тел живых организмов (вне зависимости от систематической принадлежности), выраженная в единицах объема, массы или энергии. Общий вес

Scanned with CamScanner

живого вещества биосферы оценивается в 2,4-3.6 трлн. т (сухой вес).

ВЕЩЕСТВО КОСНОЕ – вещество, «образуемое процессами, в которых живое вещество не участвует» (В.И. Вернадский).

ВЛОЖЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМЫ – дополнительное привнесение энергии (тепловой, электрической в виде обработки почвы, использования удобрений, уничтожения отходов и т.п.) для поддержания устойчивости экосистем, нарушенных человеком; повышения продуктивности агроценозов; функционирования городских систем и т. п. Агроценозы, техногенные и другие созданные человеком системы, могут существовать только при условии постоянного вложения в них энергии.

ГОМЕОСТАЗ(ИС) – совокупность механизмов, направленных на устранение или максимальное ограничение действия факторов, нарушающих внутреннее динамическое равновесие системы. Применим к различным системам - от космических до организма и атома.

ДЕМГРЕССИЯ – ухудшение состояния экосистем под влиянием воздействия различных факторов, чаще всего человека.

«ДЫРА» ОЗОНОВАЯ – значительное пространство в озоновом слое с заметно пониженным (до 50%) содержанием озона. Наиболее значительна над Антарктикой.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕПЛОВОЕ – повышение температуры среды под влиянием различных факторов (чаще всего антропогенных); обычно характерно для воздуха и вод, где может вызывать серьезные изменения в функционировании экосистем.

ЗАПВЕДНИК – природная территория, изъятая из хозяйственного использования и предназначенная для сохранения экосистем, видов живого или других объектов природы (например, минералов).

ЗАПОВЕДНИК БИОСФЕРНЫЙ – заповедник, выделяемый в соответствии с международной программой, в пределах которого производится постоянное слежение (мониторинг) за природными экосистемами и изменением их под влиянием антропогенных факторов.

Scanned with CamScanner

КОНСУМЕНТ (ОН ЖЕ ГЕТЕРОТРОФ) – организм, питающийся органическим веществом (эта категория включает все организмы, кроме растений, которые относятся к продуцентам, они же автотрофы).

КСЕНОБИОТИК – любое чуждое для организмов или их сообществ вещество.

МОНИТОРИНГ – слежение за какими-либо объектами, явлениями, средами жизни или биосферой в целом.

НИША ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ – место вида в природе, включающее не только его положение в пространстве, но и весь жизненный статус (вид, пищи и способ питания, отношение к факторам среды, места размножения и укрытий и т.п.); чем большим сходством характеризуются экологические ниши организмов (видов), тем острее между ними конкурентные отношения.

НООСФЕРА – «мыслящая оболочка» (В.И. Вернадский), сфера разума - естественная стадия развития биосферы, когда разумная деятельность человека становится важным фактором биосферных процессов. Содержание термина и связанное с ним научное направление недостаточно разработано.

ОЗОНОВЫЙ ЭКРАН – слой атмосферы в пределах стратосферы, лежащий на высотах 20-45 км (у полюсов ниже) и отличающийся повышенной концентрацией озона (примерно в 10 раз выше, чем у поверхности Земли), поглощающей гибельные для организмов ультрафиолетовые лучи (см. также «Дыра» озоновая).

ОПУСТЫНИВАНИЕ – уменьшение или уничтожение биологического потенциала земли (чаще всего под влиянием антропогенных факторов), которое может привести к возникновению условий, аналогичных условиям пустыни (определение Конференции ООН по опустыниванию, 1977 г.).

ПАРК НАЦИОНАЛЬНЫЙ – территория, включающая особо охраняемые природные ландшафты с целью их сохранения, а также для экологического образования и воспитания. Обычно включает зоны заповедную, рекреационную и хозяйственную.

ПЕСТИЦИД – химическое соединение, используемое для борьбы с нежелательными для человека организмами с целью защиты естественных экосистем, посевов, изделий и т.п.

Scanned with CamScanner

ПОПУЛЯЦИЯ – часть особей одного вида, населяющих пространство в течение длительного времени, отделенная от других аналогичных частей определенной степенью изоляции. Внутри популяций скрещивания более часты, чем между особями смежных популяций вида. Особи разных популяций обычно имеют различия по внешнему виду, поведению и другим признакам.

ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКАЯ – органическое вещество, образующееся в экосистеме или ее частях на единице площади (объема) за единицу времени. Различают продуктивность первичную (растений) и вторичную (животных).

РЕАКЦИЯ ЦЕПНАЯ ПРИРОДНАЯ – цепь природных явлений, каждое из которых влечет за собой изменение других, связанных с ним процессов. В зависимости от силы действия факторов, вызвавших реакцию, последняя может заканчиваться либо сохранением экосистем в границах основных свойств и параметров, либо переходом систем на новый (более низкий) уровень, либо полным распадом систем (опустынивание, коллапс). Понимание и умение прогнозировать цепные реакции – важнейшее условие экологически грамотного поведения людей и прогнозирования последствий вмешательства в экосистемы и природные процессы.

РЕДУЦЕНТЫ – организмы, главным образом бактерии и грибы, превращающие в результате жизнедеятельности органические остатки в неорганические вещества и таким образом замыкающие круговорот в экосистемах.

САМООЧИЩЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ – способность разлагать природные и антропогенные вещества и устранять их вредное действие. Основным фактором самоочищения выступают живые организмы. Экосистемы, бедные жизнью, характеризуются низкой самоочищающейся способностью.

СМОГ ВЛАЖНЫЙ – (лондонского типа) смесь газообразных загрязняющих веществ (в основном сернистого газа), пылевых частиц и капель тумана.

СМОГ СУХОЙ ФОТОХИМИЧЕСКИЙ – (Лос-анджелесского типа) вторичное загрязнение воздуха в результате фотохимических реакций с образованием новых веществ – фотооксидантов, преимущественно озона и пероксиацетилнитратов. Условием образования является наличие загрязняющих веществ (оксиды

Scanned with CamScanner

азота, сернистый ангидрид, угарный газ) и значительного количества солнечных лучей, особенно ультрафиолетовых.

СУКЦЕССИЯ – последовательная смена экосистем (биоценозов) в результате саморазвития на безжизненном субстрате или на месте разрушения существовавших экосистем (в этом случае сукцессии называют вторичными). Конечным результатом является относительно стабильные климаксовые или узловые экосистемы.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ – способность оставаться относительно неизменной в течение определенного периода времени вопреки внешним воздействиям.

ФИТОЦЕНОЗ – сообщества взаимосвязанных растительных организмов (растительное сообщество); неотделим от экосистемы (биогеоценоза).

ФРЕОНЫ (ХЛАДОНЫ) – группа галогеносодержащих веществ, кипящих при комнатной температуре, используемых в холодильной промышленности и широко использовались как распылители в результате инертности в аэрозольных упаковках, позже выяснилось, что поднимаясь в стратосферу, подвергаются фотохимическому разложению с выделением хлора, способствующего разрушению молекул озона (как катализатор).

ЦВЕТЕНИЕ ВОДЫ – массовое развитие мелких водорослей (фитопланктона), вызывающее изменение окраски воды. Причиной цветения является поступление в водоемы минеральных и органических веществ.

ЦЕПЬ ПИТАНИЯ – (цепь трофическая) – ряд или групп организмов в экосистеме, каждое предыдущее звено, в котором служит нишей для следующего. Цепь питания состоит из нескольких (от 2 до 5-6) пищевых (трофических) уровней, под которыми понимают группы организмов со сходным типом питания (растения, травоядные животные, хищники, мертвоеды).

ЭВТРОФИКАЦИЯ ВОД – повышение биологической продуктивности водных экосистем в результате обогащения их питательными веществами.

Scanned with CamScanner

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Экология как теоретическая база охраны природы и рационального природопользования.

2. Основные среды жизни и их характеристики. Четыре сферы Земли (атмосфера, литосфера, гидросфера, биосфера).

3. Атмосфера. Проблема глобального потепления на Планете и способы их решений. Озоновый слой, парниковый эффект.

4. Круговорот основных биогенных элементов в экосистеме и влияние на этот процесс антропогенной деятельности человека.

5. Экологические проблемы гидросферы. Средомодифицирующая роль экосистем и проблема восстановления нарушенных экосистем. Социально-экологические проблемы Приаралья, Каспийского моря.

6. Строение биосферы и ее границы. Антропогенный фактор биосферы. Сопоставительный анализ.

7. Основополагающая роль учения о ноосфере В.И. Вернадского в разработке концепции Устойчивого развития.

8. Модель устойчивого общества, его признаки и принципы функционирования.

9. Проблема обеспеченности человеческого общества природными ресурсами на примере твердых бытовых отходов (ТБО). Морфологический состав ТБО. Использование ТБО в качестве вторичного сырья.

10. Международные конвенции и договоры по глобальным экологическим проблемам современности.

11. Литосфера. Заповедные территории Республики Казахстан. Охрана генетического разнообразия. Биосферные резерваты. Красная книга и ее роль в сохранении биоразнообразия.

12. Процессы дестабилизации природной среды в РК, причины и следствия. Последствия ядерных испытаний для человечества. Семипалатинский ядерный и другие полигоны на территории РК. Антиядерное движение «Невада-Семей».

Scanned with CamScanner

13. Экологические проблемы, связанные с нарушением экологических требований в результате интенсификации сельского хозяйства и промышленности Республики Казахстан.

14. Экологические технологии. Освоение новых источников энергии. Защита природной среды и человека от техногенного загрязнения.

15. Реальность и возможные временные этапы обеспечения устойчивого развития.

Scanned with CamScanner

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек-экономика-биота- среда, – М. «ЮНИТИ», 2007.
2. Шилов И.А. Экология. – М.: Высшая школа, 2001.
3. Ильин В.И. Экология. – М., «Перспектива», 2007.
4. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. – М., «ФАИР-ПРЕСС»,2003.
5. Никаноров А.М., Хорунжая Т.А. «Глобальная экология» – М., ЗАО, «Книга сервис», 2003.
6. Гильяров А.М. Популяционная экология. – М.: Мысль. 1967.
7. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Инженерная геология и охрана природной среды: учебник для вузов. – Ростов на Дону: Изд. Рост.ун-та, 1993. С. 352.
8. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах: учебное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. С. 382.
9. Марфенин Н.Н. Концепция «устойчивого развития» в развитии / Россия в окружающем мире: 2002 (Аналитический ежегодник) // Под общей редакцией: Данилова-Данильяна В.И., Степанов С.А. – М:Изд-во МНЭПУ, 2002.
10. Бигалиев А.Б., Халилов М.Ф., Шарипова М.А. Основы общей экологии. – Алматы, «Қазақ университеті», 2007.
11. Колумбаева С.Ж., Бильдебаева Р.М. Общая экология. – Алматы, «Қазақ университеті», 2006.
12. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия молодая, 1994. С. 367.
13. Вернадский В.И. Биосфера. – М.Л., 1975.
14. Коробкин В.И., Передельский Л.В., Экология: учебное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2011. С.600.
15. Новиков Г.А., Основы общей экологии и охраны природы, Изд. ЛГУ,1979.
16. Банников А.Г., Вакулин А.А., Рустамов А.К. Основы экологии и охрана окружающей среды. – М.: Колос, 1999

Scanned with CamScanner

Дополнительная:

1. Хандогина Е.К, Герасимова Н.А., Хандогина А.В. Экологические основы природопользования. – М., «Форум», 2007.

2. Вернадский В.И. «Философские мысли натуралиста». – М., «Наука», 1988.

3. Вернадский В.И. «Живое вещество». – М., «Наука», 1969 г.

6. Доклады Министерства охраны окружающей среды РК «О состоянии природой среды РК» 2000-2007 гг.

7. Гутенев В.В., Денисов В.В., Камышев А.П., Москаленко А.П., Нагибеда Б.А., Осадчий С.Ю., Хорунжий Б.И. Промышленная экология. М., «МарТ», - 2007.

8. Маркович Д. Социальная экология. – Москва, «РУДН», 1998.

9. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Беренс В.В. Пределы роста. – Москва, МГУ, 1991.

10. Концепция экологического образования Республики Казахстан. Астана, 2002.

11. Концепция экологической безопасности Республики Казахстан. Астана, 2002.

12. Доклад конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию, Рио-де-Жанейро, 1992. Том 1, Нью-Йорк, 1993.

13. Экологический кодекс РК, Астана 2007 г.

14. Экология. Под ред. Денисова В.В. – Ростов-на-Дону: Март, 2002.

15. Арустамов Э.А., Левакова И.В., Баркалова Н.В. Экологические основы природопользования. – М.: 2001.

16. Ермолаев Б.В. Основные положения о ноосфере. Единство биосферы и человека. – М., 1999.

17. Чистик О.В. Экология. – Минск, 2000.

18. Одум Ю. Экология. Т.1,II. – М.: Мир. 1985.

Scanned with CamScanner

А.С. Мусина

ЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Учебник

Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Печ. листов 14.69. Объем 235 стр.
Тираж 500 экз.

ТОО «Medet Group», 100017
РК, г. Караганда, ул. Мустафина 5/1

Scanned with CamScanner



А.С. Мусина

– доктор технических наук, профессор

Является автором более 300 публикаций,
в том числе имеются 3 монографии,
2 учебника по экологии, научные статьи,
тезисы докладов на Международные,
Республиканские конференции, симпозиумы и
совещания, Авторские свидетельства СССР,
патенты, предпатенты и инновационный
патенты РК, 12 актов внедрений,
выступала на теле и радиопередачах,
посвященных проблемам экологии,
награждена бронзовой медалью ВДНХ СССР,
[illegible] «Изобретатель СССР».
Под её руководством защищены
2 кандидатские диссертации.

Scanned with CamScanner