

**Лазуткина Ю.С.
Сомин В.А.**

Общая экология

Допущено научно-методическим советом АлтГТУ
для внутривузовского использования в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся по
специальности 280201 «Охрана окружающей среды и
рациональное использование природных ресурсов»

Барнаул-2007

УДК 504 (075)

Лазуткина Ю.С., Сомин В.А. Общая экология. Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во «Азбука», 2007 – 134 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы общей экологии, биогеохимии, системной экологии, экологии человека, охраны биосферы, а также освещены глобальные экологические проблемы и экологическая ситуация в Алтайском крае.

Пособие способствует формированию экологического сознания и культуры.

Изложенный теоретический материал сопровождается иллюстрациями для его лучшего восприятия.

Учебное пособие соответствует ГОС ВПО и программе курса «Общая экология» для студентов специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» очной и заочной формы обучения, для студентов любых специальностей ВУЗов., а также для слушателей курсов по повышению квалификации в области охраны окружающей среды.

Рассмотрено и одобрено
на заседании кафедры ХТИЭ
Протокол № 12 от 04.06.2007 г.

Рецензенты:

Д.т.н., профессор
каф. «Строительные материалы»

В.К. Козлова

К.т.н., доцент каф. БЖД

А.В. Михайлов

К.с.н., заместитель руководителя
Алтайского межрегионального
управления по технологическому и
экологическому надзору

В.Н. Горбачев

© Лазуткина Ю.С., Сомин В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
Введение	4
1 Основы общей экологии.....	5
1.1 Предмет, структура и развитие экологии	5
1.2 Биосфера.....	11
1.3 Экологические факторы.....	18
1.4 Экологические системы	22
1.5 Энергия в экосистемах.....	26
1.6 Развитие экосистем	30
1.7 Популяции	36
1.8 Систематика организмов.....	48
2 Основы биогеохимии.....	53
3 Системная экология	66
4 Моделирование в экологии.....	70
5 Экология человека	74
6 Антропогенные экосистемы	76
7 Антропогенные воздействия на биосферу.....	80
7.1 Загрязнение атмосферы.....	81
7.2 Загрязнение гидросферы	87
7.3 Загрязнение литосферы.....	90
8 Особо охраняемые природные территории	95
9 Глобальные экологические проблемы	108
10 Экологические проблемы Алтайского края	114
11 Концепция устойчивого развития	124
Литература.....	131

ВВЕДЕНИЕ

Взаимодействие человека с окружающей средой началось с момента его появления на Земле. Первобытное общество находилось в гармонии с природой, т.е. являлось одним из ее составных частей. По мере развития науки и техники человек научился использовать богатства природы для удовлетворения своих растущих потребностей.

До середины 20 века человечество нещадно эксплуатировало природу, не задумываясь о последствиях своей деятельности. Добыча полезных ископаемых и их сжигание, использование пестицидов, производство удобрений, вырубка лесов – все это привело к истощению и загрязнению окружающей среды.

Экологическая проблема поставила человека перед новым нелегким выбором – быть ли ему «властелином», природы, либо жить в гармонии с ней. Таким образом, пришло время критического пересмотра всех составляющих человеческой жизни, которая неразрывно связана с окружающей средой.

В связи с этим все большую актуальность в современном социуме приобретают такие понятия как экологическая культура, экологическое воспитание и образование.

В настоящее время дисциплина «Экология» является обязательной при подготовке специалистов высшей квалификации. Поэтому не только студенты, но и руководители крупных промышленных предприятий должны владеть основами экологии.

Знание основных понятий и законов экологии позволит организовать современные производства в соответствии с ними. Создание малоотходных производств, замкнутых водооборотных циклов, использование органических отходов для производства топлива, альтернативные источники энергии – это составляющие современного общества, которое стремится вновь обрести гармонию с Природой.

1 ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ЭКОЛОГИИ

1.1 ПРЕДМЕТ, СТРУКТУРА И РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИИ

Термин «экология» был предложен в 1866 году немецким зоологом и философом Эрнстом Геккелем, который, разрабатывая систему классификации биологических наук, обнаружил, что нет никакого специального названия для области биологии, изучающей взаимоотношения организмов со средой. Геккель определял также экологию как «физиологию взаимоотношений», хотя «физиология» понималась при этом очень широко – как изучение самых разных процессов, протекающих в живой природе. В научную литературу новый термин входил довольно медленно и более или менее регулярно стал использоваться только с 1900-х годов. Как научная дисциплина экология формировалась в 20-м столетии, но предыстория ее восходит к XIX, и даже к XVIII веку.



Э. Геккель (1834-1919)

Геккель определил **экологию** как науку об отношениях живых организмов между собой и окружающей их средой.

В современном обществе под влиянием средств массовой информации, экология часто трактуется как сугубо прикладное знание о состоянии среды обитания человека, и даже – как само это состояние (отсюда такие нелепые выражения как «плохая экология» того или иного района, «экологически чистые» продукты или товары). Хотя проблемы качества среды для человека, безусловно, имеют очень важное практическое значение, а решение их невозможно без знания экологии, круг задач этой науки гораздо более широкий. В сферу

научных интересов экологии входит изучение устройства биосферы, роли организмов в круговороте различных химических элементов и процессах трансформации энергии, взаимосвязь организмов между собой и со средой их обитания и т.д.

Главный **объект изучения** экологии – экосистемы – *единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания*. Большинство экологов рассматривают экосистему как локализованную в пространстве и динамичную во времени совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, связанных между собой и образующей систему взаимообусловленных биотических и абиотических процессов.

Поскольку объекты экологии — это, как правило, совокупности организмов или даже комплексы, включающие наряду с организмами неживые объекты, ее определяют иногда как науку о надорганизменных уровнях организации жизни (популяциях, сообществах, экосистемах и биосфере), или как науку о живом облике биосферы.

Предметом экологии является *совокупность или структура связей между организмами и средой*.

Долгое время экология развивалась как биологическая наука и в этом ракурсе ее основной частью является общая экология, которая изучает общие закономерности взаимоотношений любых организмов и среды.

В составе общей экологии выделяют следующие основные разделы:

- *аутэкологию*, которая изучает индивидуальные связи отдельного организма с окружающей средой (этот раздел экологии имеет большое прикладное значение, особенно в области биологических методов борьбы с вредителями растений, исследований переносчиков болезней и профилактики, переносимых паразитами инфекций);

- *популяционную экологию*, в задачи которой входит изучение структуры и динамики популяций отдельных видов;

- *синэкологию*, которая изучает взаимоотношение популяций, сообществ и экосистем со средой.

По объектам изучения экология классифицируется на *экологию животных, экологию растений, экологию грибов и, экологию микроорганизмов*.

На стыке экологии с другими отраслями знаний развиваются такие направления экологии как *инженерная экология, геоэкология, математическая экология, космическая экология*. Выделяют также *глобальную экологию*, которая изучает биосферу как глобальную экосистему; *социальную экологию* (часто ее называют экологией человека), изучающую закономерности взаимодействия общества с окружающей средой.

С научно-практической точки зрения экологию делят на *теоретическую*, которая вскрывает общие закономерности организации жизни, и *прикладную*, изучающую механизмы разрушения биосферы

человеком, способы предотвращения этого процесса и принципы рационального природопользования.

В западной литературе, различают экологию как фундаментальную биологическую науку и науки об окружающей среде (environment-окружающая среда, англ.) или «энвайронментологию». Смешение понятий "экология" и «энвайронментология» (природоведение) явилось одной из причин низкой эффективности экологического образования в России. Не случайно экологическое движение конца 80-х гг., по словам Н.Ф. Реймерса, формировалось в основном как эмоциональный всплеск «экологистов». К тому времени отчетливо назрела необходимость в специалистах по охране окружающей среды, в задачи которых входят проблемы охраны и рационального использования природных и искусственных экосистем. Они, применяя фундаментальные знания по экологии, должны уметь рассчитывать ожидаемые нагрузки на экосистемы, определять такие режимы эксплуатации природных сообществ, которые могут обеспечить их нерасточительное использование.

Этапы развития экологии

Экология приобрела практический интерес еще на заре развития человечества. Представления древнего человека об окружающей среде не носили научного характера и были не всегда осознанными, но с течением времени именно они послужили источником накопления экологических знаний. В примитивном обществе каждый индивидуум для того, чтобы выжить, должен иметь определенные знания об окружающей его среде, о силах природы, растениях и животных. Как и другие области знания, экология развивалась непрерывно на протяжении всей истории человечества. По дошедшим до нас орудиям охоты, наскальным рисункам о способах культивирования растений, отлова животных, обрядам люди еще на заре становления человечества имели отдельные представления о повадках животных, образе их жизни, о сроках сбора и местах произрастания растений, употребляемых для их нужд, о способах выращивания и ухода за ними. Все это является свидетельством того, что проблемы первобытных людей в своей сущности были экологическими. Следует подчеркнуть, что экологические представления возникли непосредственно в связи с практическими запросами человечества.

В истории развития экологии выделяют несколько основных этапов.

Первый этап – становление экологии как науки. На этом этапе происходит накопление фактического материала и первый опыт его систематизации. Период начинается с момента возникновения человека до

60-х гг. XIX в. Основы экологического знания первыми заложили древнегреческие ученые. Аристотель (384-322 гг. до н. э.) различал животных в зависимости от сред, в которых они обитают. Его внимание привлекали такие вопросы, как приуроченность организмов к местообитаниям, одиночная или стайная жизнь, различия в питании и т.д. Теофраст Эрезийский (372 – 287 гг. до н.э.) описал влияние почвы и климата на структуру растений, наблюдаемое им на огромных пространствах Древнего Средиземноморья. В работах этого философа впервые было предложено разделить покрытосеменные растения на основные жизненные формы: деревья, кустарники, полукустарники и травы.

Известный английский химик Роберт Бойль (1627-1691) оказался первым, кто осуществил экологический эксперимент: он опубликовал результаты сравнительного изучения влияния низкого атмосферного давления на различных животных. Большой вклад в формирование экологических знаний внесли такие выдающиеся ученые, как шведский естествоиспытатель Карл Линней (1707-1778) и французский исследователь природы Жорж Бюффон (1707-1788), в трудах которых подчеркивалось ведущее значение климатических факторов. В 17-18 веках в работах, посвященных отдельным группам живых организмов, экологические сведения зачастую составляли значительную часть, например, в трудах А. Реомюра о жизни насекомых (1734 г.), а также в описаниях натуралистами путешествий. На основании путешествий по неизведанным краям России в 18 веке С.П. Крашенинниковым, И.И. Лепехиным, П.С. Палласом и другими географами и натуралистами указывалось на взаимосвязанные изменения климата, животного и растительного мира в различных частях страны. В своем капитальном труде «Зоография» П.С. Паллас подробно описал образ жизни такие явления, как миграции, спячка, взаимоотношения родственных видов и т.п. Большое влияние на формирование экологических взглядов имел капитальный труд Жана Батиста Ламарка «Философия зоологии» (1809г.), в котором он затронул проблему воздействия внешних условий на «действия и привычки» животных.

По мере развития зоологии и ботаники происходило накопление фактов экологического содержания, свидетельствующего, что к концу 18 века у естествоиспытателей начали складываться элементы особого подхода к изучению природы, об изменениях организмов в зависимости от окружающих условий. Вместе с тем экологических идей как таковых еще нет, лишь начала складываться экологическая точка зрения на изучаемые явления природы.

На *втором этапе* (60-е г.г XIX в.— 50-е г.г XX в.) происходит оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний. В начале периода выходят работы многих русских ученых. Один из них — профессор Московского университета Карл Рулье (1814–1858). Будучи крупным биологом, он сформулировал принцип исторического единства организма и окружающей среды. Рулье подчеркивал, что ни один из организмов не может существовать независимо от окружающей среды, причем среда изменяется организмами, а изменения организмов контролируется средой. Подлинным основоположником экологии растений принято считать А. Гумбольдта (1769–1859), опубликовавшего в 1807 году работу «Идеи географии растений», где на основе своих многолетних наблюдений в Центральной и Южной Америки он показал влияние климатических условий, особенно температурного фактора, на распространение растений. В.В. Докучаев публикует свои труды, в которых впервые обосновал ряд принципов и понятий экологии, которые не утратили своего значения до настоящего времени.



В.В. Докучаев
(1846-1903)

Дальнейшее развитие науки экологии происходило на базе эволюционного учения Ч. Дарвина. Он по праву является одним из основателей экологии. В книге «Происхождение видов» (1859) им показано, что «борьба за существование» в природе приводит к естественному отбору и является движущим фактором эволюции органического мира. С эволюционных позиций борьбу за существование можно трактовать как взаимоотношения живых существ между собой и абиотической средой.

В конце 70-х г.г. XIX в. К. Мебиус вводит понятие биоценоза — одного из основных понятий экологии. Сам же термин «экология» вводит в 1866 г. Э. Геккель в своем труде «Всеобщая морфология организмов». Он писал: «Под экологией мы подразумеваем общую науку об отношениях организма к окружающей среде, куда мы относим все «условия существования» в широком смысле этого слова. Они частично органической, частично неорганической природы; поскольку они, как мы отмечали выше, оказывают влияние на

форму организмов, то тем самым они заставляют их приспосабливаться к этим условиям».

Как самостоятельная наука экология окончательно сформировалась в начале 20-го столетия. В этот период американский ученый Ч. Адамс создает первую сводку по экологии (1913), публикуются другие важные обобщения.

Огромное влияние на развитие экологии оказали работы выдающегося русского геохимика В. И. Вернадского. В 1926 году он опубликовал книгу под названием «Биосфера», которая ознаменовала рождение новой науки о природе. В этой книге биосфера впервые показана как единая динамическая система, населенная и управляемая жизнью, живым веществом планеты. В его учении о биосфере не только рассматривались основные свойства живого вещества и влияние на него косной природы, но и впервые было раскрыто грандиозное обратное влияние жизни на неживую среду и формирование в результате этого исторического процесса особых биокосных природных тел.

В 1935 г. английский эколог А. Тенсли ввел понятие экосистемы, обозначающее единицу изучения в экологии. Несколько позже русский ученый В.Н. Сукачев предложил близкое этому понятие биогеоценоз.

В этот же период были сформулированы основные задачи изучения популяций и сообществ, предложены математические модели роста численности популяций и их взаимодействий, проведены лабораторные опыты по проверке этих моделей. Были установлены математические законы, описывающие динамику популяций взаимодействующих групп особей. Это модельные уравнения А. Лотки, В. Вольтерры, принцип конкурентного исключения Гаузе.

Со второй половины XX в. рост загрязнения окружающей среды и резкое усиление воздействия человека на природу привели к целому ряду экологических проблем, в связи с чем экология приобретает особое значение.

Третий этап развития экологии (с середины XX в.) характеризуется превращением ее из биологической науки в комплексную науку, включающую в себя науки об охране окружающей среды. Научные основы охраны природы были заложены выдающимися русскими учеными В.В. Докучаевым, К.М. Бэр, Г.А. Кожевниковым, И.П. Бородиным, Д.Н. Анучиным, С.В. Завадским. Природоохранная деятельность впервые была законодательно оформлена еще при Ярославе Мудром в «Русской правде», в СССР основы природопользования и охрана природы были заложены в одном из самых первых документов – «Декрете о земле». В 30–40-х гг. в связи с ростом масштабов индустриализации охрана природы стала рассматриваться как «единая система мероприятий,

направленная на защиту, развитие, качественное обогащение и рациональное использование природных фондов страны». В 50-е гг. в связи с усилением негативного влияния человека на природу возникает еще одна форма, регулирующая взаимодействие общества и природы – охрана окружающей среды. Однако необходимо отметить, что в то время природа обладала ценностью лишь потому, что в ней жил человек. Именно он рассматривался как венец природы и единовластный хозяин на планете. Многие законодательные акты, принимавшиеся в то время, могли лишь немного уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и в большинстве своем не дали необходимых результатов. Яркий тому пример – крупнейшая катастрофа в истории человечества на Чернобыльской АЭС.

Современный этап развития экологии характеризуется признанием того, что проблемы окружающей среды затрагивают все страны мира. Определены приоритетные проблемы глобального характера, к которым относятся: изменения в озоновом слое атмосферы, повышенное накопление углекислого газа, загрязнение океана, которые не имеют политических границ и решение которых возможно только при объединении усилий ученых многих стран.

В этом историческом контексте в рамках новых концептуальных задач в ноябре 1971 года было начато проведение международной межправительственной программы «Человек и биосфера». По сути, данная программа стала интегрированным подходом к исследованиям, подготовке специалистов и деятельности, цель которой – улучшение взаимоотношения человека с окружающей средой. Отправным пунктом программы было исследование человека «со стороны», т.е. изучение воздействия его деятельности на различные экосистемы. В настоящее время человек рассматривается как органическая составная часть биосферы. Такая постановка вопроса, при которой человек из стороннего элемента превращается в органичное составляющее биосферы, означает переворот в его концепциях и методах современной экологии.

1.2 БИОСФЕРА

Термин «биосфера» предложил австрийский геолог Эдуард Зюсс в 1875 г. Он впервые предложил выделять помимо атмосферы, гидросферы и литосферы еще одну оболочку Земли, которая, как и предыдущие, состоит из неорганической части – воды, воздуха, почвы и из населяющих эту часть живых организмов. Таким образом, Зюсс говорил о биосфере как о пассивной оболочке.



В.И. Вернадский
(1863-1945)

Учение о биосфере как об активной оболочке Земли, в которой основную роль играют живые организмы, создал русский ученый В.И. Вернадский. Он впервые указал, что совокупная деятельность живых организмов проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба. Он рассматривал биосферу не как простую совокупность живых организмов, а как единую термодинамическую оболочку, в которой сосредоточена жизнь и постоянно взаимодействуют организмы с неорганической средой. Именно благодаря жизнедеятельности организмов сформировался химический

состав атмосферы, почвы, природных вод, образовались некоторые осадочные породы. В формулировке Вернадского показана важнейшая связь между живыми организмами и окружающей средой. Ученый говорил о биосфере как о «сфере жизни» или «тонкой пленке жизни», однако сам довольно критически относился к таким определениям, считая их весьма расплывчатыми и неточными.

В настоящее время **биосферу** определяют как *область существования и функционирования живых организмов, охватывающую нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу, поверхность суши и верхние слои литосферы*. Понятие «биосфера» включает в себя как живые организмы, так и среду их обитания. При этом организмы, сложившись, взаимодействуя друг с другом, составляют органически единую, целостную и динамическую систему, объединенную в единое целое с абиотическими сферами (атмосферой, литосферой, гидросферой) их веществом и пространством.

Биосфера имеет ряд **особенностей**, без которых невозможно ее существование:

1) Наличие в ней значительных количеств жидкой воды. Вода является основным растворителем всех необходимых для существования живых организмов веществ, а также средой для протекания биохимических реакций.

2) Поступление на границу мощного потока энергии от Солнца, которое является единственным источником энергии для всей биосферы.

3) В биосфере имеются поверхности раздела между веществами, находящимися в твердом, жидком и газообразном состояниях. Благодаря этому могла сформироваться клеточная структура организмов.

Пределы распространения биосферы

Живые организмы распространены в гидросфере, в верхней твердой оболочке Земли – литосфере и в атмосфере (рис. 1.1). Каждый организм имеет свои пределы жизни. Но в целом в биосфере можно выделить верхний и нижний пределы жизни. Верхний предел определяется наличием кислорода и высотой озонового экрана. Он находится на высоте 10-30 км и защищает все живое от губительного ультрафиолетового излучения. Таким образом, жизнь не может выйти за пределы стратосферы (за исключением человека, вылетающего в космос).

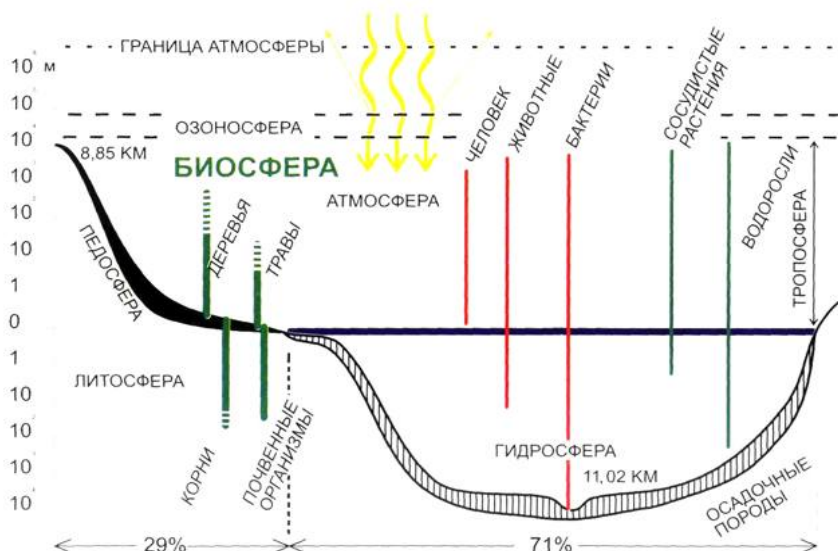


Рисунок 1.1 – Границы жизни в биосфере

Из-за недостатка кислорода граница обитания человека составляет около 5 км, высших растений и наземных животных – 6 км. Еще выше, в горах жизнь представлена лишь мелкими организмами – бактериями, грибами, лишайниками, для существования которых приемлемы достаточно суровые условия высокогорий. До 10 км потоками воздуха могут подниматься в атмосферу мельчайшие споры и организмы – аэропланктон. Из птиц только кондор поднимается на высоту до 7 км. В

целом же основная масса живых организмов находится лишь в тонком слое атмосферы, исчисляемом десятками метров.

Нижняя граница жизни также определяется наличием кислорода и температурными условиями Земли. Температурная граница для живых существ не превышает 100 °С. В среднем можно считать, что глубже 3 км от земной поверхности живые существа в их современном виде по этой причине существовать не могут. В океане, по результатам глубоководных исследований, жизнь зафиксирована на глубине свыше 10 км.

В почвах граница жизни определяется глубиной, на которую проникает свободный кислород – около 10 м, а на болотах – только 50 см.

Состав биосферы

По В.И. Вернадскому, биосфера состоит из следующих основных компонентов:

1) Живое вещество – совокупность организмов, существующих в конкретный отрезок времени. Основной отличительной особенностью живого вещества является его способность использовать энергию. Живые организмы способны накапливать энергию в виде сложных органических соединений, передавать ее, преобразовывать в другую энергию. Неживые же тела не только не способны к столь сложным преобразованиям, но и преимущественно рассеивают энергию.

Химический состав живого вещества в среднем может быть представлен следующим образом: на долю кислорода приходится около 70 %, углерода – около 18 %, водорода – 10 %, порядка 1,5 % приходится на N, Na, Mg, Ca, Fe, K, Si, P, Cl, а также микроэлементы Zn, Mn, Co, I и др. Большая часть кислорода и водорода входит в состав воды, из которой состоит основная масса живых организмов.

Живое вещество биосферы представлено примерно десятком миллионов видов различных организмов. Особое положение занимают производители органического вещества – зеленые растения. Их около 300 тысяч видов. Общий вес сухого вещества зеленых растений оценивается в $2,42 \times 10^{12}$ тонн, что примерно в две тысячи раз меньше массы самой легкой оболочки земли – атмосферы. Эта величина составляет 99 процентов всего живого вещества на Земле. Оставшийся процент приходится на гетеротрофные (животные) организмы.

2) Биогенное вещество – создано непосредственно живыми организмами и состоящее из растительных и животных остатков. Это все горючие ископаемые (нефть, каменный уголь, торф), известняк др.

3) Косное вещество – горные породы минерального происхождения (граниты, глины, пески). Фактически планета Земля до распространения на ней жизни состояла только из косного вещества.

4) Биокосное вещество – продукты переработки горных осадочных пород живыми организмами. К биокосному веществу относят приземную часть атмосферы, поверхностные воды, почву.

Функции живого вещества в биосфере

Живое вещество способно трансформировать солнечную энергию Солнца в энергию химических связей организмов, благодаря чему осуществляет ряд фундаментальных функций:

Газовая – обмен газами с окружающей средой в процессах фотосинтеза и дыхания, в результате которого поддерживается постоянный состав атмосферы.

Концентрационная – избирательное накопление элементов, которые сначала концентрируются в живых организмах, а затем после их отмирания и минерализации переходят в среду. По степени накопления на первом месте стоит углерод, на втором – кислород, среди металлов первым по степени накопления является кальций. Некоторые организмы избирательно аккумулируют различные элементы в процессе своей жизнедеятельности, несмотря на их небольшое содержание в окружающей среде. Так, естественными концентраторами кремния являются диатомовые водоросли, йода – морские водоросли (ламинария). Скелеты позвоночных животных накапливают в больших количествах фосфор. Отмирая, они образуют скопления этих веществ. Благодаря этой функции образовались и отложились в недрах земли каменный уголь, битум, нефть, известняки органогенного происхождения. Таким образом, за миллиарды лет в результате процессов жизнедеятельности организмов принципиально изменились физико-химические условия на Земле: осадочные породы, слагающие земную кору, полностью изменились как по структуре, так и по происходящим в них геохимическим процессам.

Окислительно-восстановительная – интенсивное окисление и восстановление веществ в процессах жизнедеятельности организмов. В результате осуществляются превращения большинства химических элементов. Кроме того, в результате процессов разложения организмов после их отмирания происходит минерализация органического вещества, или превращение живого вещества в косное. Таким образом, живое вещество контролирует все основные химические превращения в биосфере.

Информационная – накопление, сохранение и передача информации, необходимой для существования видов и поддержания равновесия в биосфере. Информация может передаваться на молекулярном уровне (генетический код в молекулах ДНК), в виде сигналов, а также в интеллектуальной форме. Передача информации между организмами на генетическом уровне возможна благодаря наличию в составе организмов химических соединений, обладающих способностью к самокопированию. Эта особенность строения живого вещества обусловлена определенным набором химических элементов, главным из которых является углерод.

Биохимическая – заключается в способности организмов к воспроизводству, их перемещении в пространстве и распространении. Распространение живого вещества можно сравнить с распространением газов. Если бы не существовало ограничивающих факторов, живое вещество, как и газы, наполнило бы все пространство. Например, одна диатомея, делясь, может при отсутствии лимитирующих факторов за восемь дней дать количество материи, равное объему нашей планеты. Из животных организмов обыкновенная инфузория в течение пяти лет может создать такой объем живого вещества, который будет в 104 раза больше объема Земли.

Накопление энергии и передача ее живым веществам при размножении создает ее растекание. Размножение организмов производит, как говорил В.И. Вернадский, «давление жизни», или «напор жизни». От «напора жизни» возникает между организмами борьба за площадь и за пищевые ресурсы.

Понятие о ноосфере

Первое употребление термина «ноосфера» принадлежит двум современникам В.И. Вернадского: математику и философу Эдуарду Ле Руа и геологу и палеонтологу Пьеру Тейяру де Шардену. В 1927 г. они предложили этот термин, чтобы обозначить современную стадию, переживаемую биосферой. Авторы понимали ноосферу только как ступень развития сознания, не учитывая всей мощи активной преобразующей деятельности человека. Однако оценка роли человека в эволюции биосферы привело к пониманию об исключительности человеческой деятельности в развитии биосферы.

Подлинным же основателем учения о ноосфере был В.И. Вернадский. Именно он впервые указал на геологическую роль живого вещества в планетарных процессах, в создании и развитии биосферы и всего разнообразия живых существ в ней. Среди этих существ

он выделил **человека** как мощную **геологическую силу**, способную оказывать влияние на ход геохимических процессов. Человек способен перестраивать окружающую его среду согласно своим представлениям и потребностям, способен изменить ту биосферу, которая складывалась в течение всей геологической истории Земли. Под ноосферой Вернадский понимал такое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится мощным геологическим фактором ее развития.

Вернадский подчеркивал, что становление ноосферы «не случайное явление на нашей планете, а природное явление, материально проявляющееся в своих последствиях в окружающей человека среде». Иначе, **ноосфера** – *окружающая человека среда, в которой природные процессы обмена веществ и энергии контролируются обществом.*

Воздействие человеческого общества на природу по своему характеру резко отличается от воздействий других форм живого вещества. По словам Вернадского, «Раньше организмы влияли на историю тех атомов, которые нужны были им для роста, размножения, питания и дыхания. Человек расширил этот круг, включая элементы, нужные для техники и создания цивилизованных форм жизни». Это в итоге привело к изменению миграции химических элементов и его особой форме. Например, самородное железо является минералогической редкостью, а человек вырабатывает его в миллионах тонн, самородный алюминий на нашей планете не встречается совсем, но он производится на предприятиях в огромных количествах. Следует отметить массу искусственных химических соединений, которые создает химическая промышленность и которые в биосфере никогда не встречались.

Ноосфера – новый этап в истории биосферы, когда определяющая роль ее развития перейдет от стихийного течения природных процессов и антропогенного воздействия на природу к гармоничному развитию природы и общества. Развитие человека и биосферы должно идти в непрерывной связи по пути коэволюции общества и биосферы. По утверждению В.И. Вернадского, в ноосфере должна господствовать гуманистическая мысль, а это предполагает прежде всего гуманизацию социальных отношений, разумное отношение к природе и рациональное отношение к ее ресурсам. Потребительское отношение к окружающей нас среде не в интересах мыслящего человека.

Становление ноосферы, по мнению Вернадского, процесс длительный, но ряд ученых полагают, что человечество уже вступило в период ноосферы, хотя многие считают, что пока об этом говорить рано, так как то, что сейчас происходит во взаимодействии человека и природы, трудно увязать с наступлением эпохи разума. Тем не менее, прогресс

человеческого разума налицо: человек вышел за пределы биосферы Земли – в космос – и в настоящее время космические полеты стали для нас привычными. По мнению некоторых ученых, ноосфера в будущем станет особой областью Солнечной системы. В.И. Вернадский утверждал: «Биосфера перейдет рано или поздно в ноосферу... На определенном этапе развития человек вынужден взять на себя ответственность за дальнейшую эволюцию планеты, иначе у него нет будущего».

1.3 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Одним из составных частей экологии является аутоэкология, изучающая закономерности действия факторов окружающей среды на отдельные организмы.

Окружающая среда (среда обитания) – совокупность абиотических и биотических факторов, прямо или косвенно влияющих на состояние, развитие, выживание и размножение организмов. Живыми существами освоены четыре среды обитания: водная, наземно-воздушная, почвенная и тело других организмов.

Воздействие окружающей среды воспринимается при помощи факторов среды, которые называются экологическими.

Экологические факторы – это совокупность определенных условий и элементов среды, оказывающих специфическое воздействие на живой организм.

Все факторы можно разделить на *абиотические, биотические и антропогенные*.

Абиотическими называют всю совокупность факторов неорганической среды, влияющих на жизнь и распространение живых организмов. Среди них выделяют физические, химические и эдафические.

Физические – те, источником которых служит физическое состояние или явление (температура, давление, ветер).

Химические – связаны с химическим состоянием среды (хим. состав воздуха, воды, почвы, содержание кислорода в воде).

Эдафические (почвенные) – совокупность химических, физических и механических свойств почвы, оказывающих воздействие на живые организмы и корневую систему растений (структура почвы, механический, химический состав, влажность, pH).

Биотические факторы – совокупность влияния жизнедеятельности одних организмов на другие, а также на неживую среду обитания.

Внутривидовые взаимодействия (гомотипические) между особями одного и того же вида складываются из *группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции*.

Межвидовые взаимоотношения (гетеротипические) значительно более разнообразны. Два живущие рядом вида могут вообще никак не влиять друг на друга, могут влиять благоприятно или неблагоприятно. Возможные типы комбинаций и отражают различные виды взаимоотношений:

нейтрализм - оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга;

конкуренция - каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие;

мутуализм - виды не могут существовать друг без друга;

протокооперация (содружество) - оба вида образуют сообщество, но могут существовать и раздельно, хотя сообщество приносит им обоим пользу;

комменсализм - один вид, комменсал, извлекает пользу от сожительства, а другой вид — хозяин не имеет никакой выгоды (взаимная терпимость);

аменсализм - один вид, аменсал, испытывает от другого угнетение роста и размножения;

паразитизм - паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызвать его гибель;

хищничество - хищный вид питается своей жертвой.

Межвидовые отношения лежат в основе существования биотических сообществ (биоценозов).

Антропогенные факторы – факторы, порожденные человеком и воздействующие на окружающую среду (выбросы, отходы, вырубка лесов, охота, использование ядохимикатов).

Большинство факторов можно разделить на две основные группы: регулярно повторяющиеся (смена дня и ночи, морские приливы и отливы) и возникающие неожиданно (землетрясения, наводнения, хищничество).

Подразделение факторов на периодические и непериодические имеет важное значение при изучении приспособленности организмов к условиям жизни.

Адаптация (от лат. «приспособление») – способность организмов приспосабливаться к изменениям окружающей среды. Этот процесс охватывает строение и функции организмов и их органов. Адаптация развивается под воздействием трех основных факторов – изменчивости, наследственности и естественного отбора. Источником адаптации являются генетические изменения в организме – мутации.

Организмы хорошо адаптированы к постоянно действующим периодическим факторам. Непериодические факторы в метах обитания организмов в нормальных условиях не существуют. Они проявляются внезапно и воздействуют на организмы, как правило, катастрофически, вызывая их гибель. Человек использует это в своих интересах: применяя ядохимикаты, уничтожая вредных с его точки зрения животных и растений. Однако длительное применение какого-либо ядохимиката приводит к адаптации организма к этому веществу.

Лимитирующие факторы

Впервые на значение лимитирующих факторов указал немецкий агрохимик Ю. Либих в середине XIX в. Он установил **закон минимума**: урожай (продукция) зависит от фактора, находящегося в минимуме. Если в почве полезные компоненты в целом представляют собой уравновешенную систему и только какое-то вещество, например фосфор, содержится в количествах, близких к минимуму, то это может снизить урожай. Но оказалось, что даже те же самые минеральные вещества при оптимальном содержании их в почве снижают урожай, если они в избытке. Значит, факторы могут быть лимитирующими, находясь и в максимуме.

Таким образом, **лимитирующими** факторами называют такие факторы, которые ограничивают развитие организмов из-за недостатка или их избытка по сравнению с потребностью. Их иногда называют ограничивающими факторами.

Что касается закона минимума Ю. Либиха, то он имеет ограниченное действие и только на уровне химических веществ. Р. Митчерлих показал, что урожай зависит от совокупного действия всех факторов жизни растений, включая сюда температуру, влажность, освещенность и т. д.

У организмов, живущих в определенной среде, вырабатываются специфические приспособления к экологическим факторам. Значения того или иного экологического фактора могут колебаться в широких пределах, но живые организмы имеют свойства приспосабливаться к этому. Способность организмов выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных для себя называется **толерантностью (валентностью)**.

Кривая, характеризующая скорость того или иного процесса в зависимости от одного из экологических факторов называется *кривой толерантности* (рисунок 1.2).

Закон толерантности В. Шелфорда: существование живых организмов определяется недостатком или избытком любого из ряда

факторов, уровень которых может оказаться близким к пределам переносимости вида. Эти два предела называют пределами толерантности.

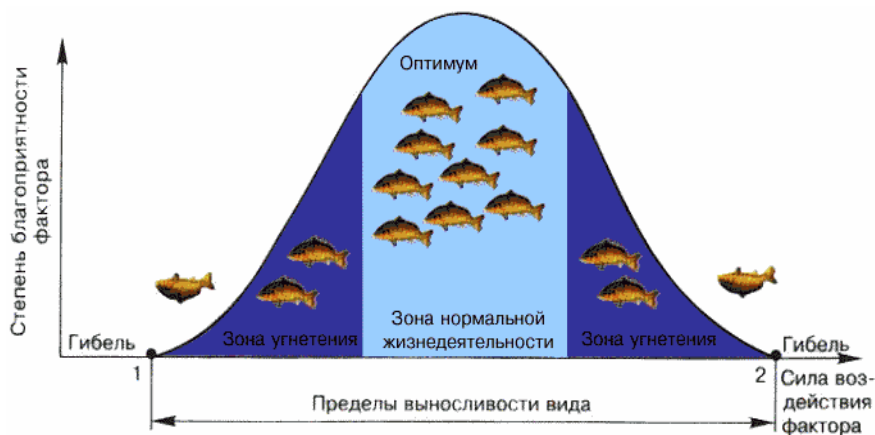


Рисунок 1.2 – Кривая толерантности

Относительно действия одного фактора можно проиллюстрировать этот закон так: некий организм способен существовать при температуре от -5°C до $+25^{\circ}\text{C}$, т. е. диапазон его толерантности лежит в пределах этих температур. Организмы, для жизни которых требуются условия, ограниченные узким диапазоном толерантности по величине температуры, называют стенотермными («стено» — узкий), а способных жить в широком диапазоне температур — эвритермными («эври» — широкий). Основные диапазоны приспособляемости организмов к условиям среды представлены на рис. 1.3.

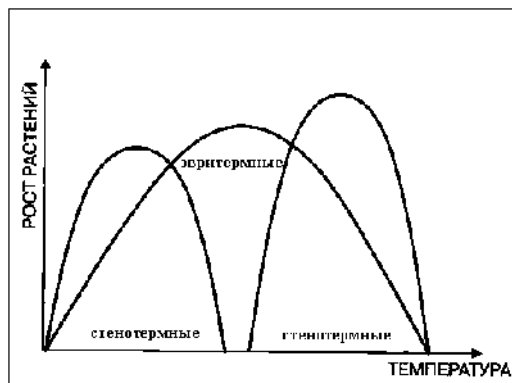


Рисунок 1.3 – Диапазоны приспособляемости организмов к условиям среды

Подобно температуре действуют и другие лимитирующие факторы, а организмы по отношению к характеру их воздействия называют, соответственно, стенобионтами и эврибионтами. Например, говорят: организм стенобионтен по отношению к влажности, или эврибионтен к климатическим факторам, и т. п. Организмы, эврибионтные к основным климатическим факторам, наиболее широко распространены на Земле.

Диапазон толерантности организма не остается постоянным – он, например, сужается, если какой-либо из факторов близок к какому-либо пределу, или при размножении организма, когда многие факторы становятся лимитирующими. Значит, и характер действия экологических факторов при определенных условиях может меняться, т.е. он может быть, а может и не быть лимитирующим. При этом нельзя забывать, что организмы и сами способны снизить лимитирующее действие факторов, создав, например, определенный микроклимат (микросреду). Здесь возникает своеобразная компенсация факторов, которая наиболее эффективна на уровне сообществ, реже — на видовом уровне.

Такая компенсация факторов обычно создает условия для физиологической акклиматизации вида-эврибионта, имеющего широкое распространение, который, акклиматизируясь в данном конкретном месте, создает своеобразную популяцию – экотип – пределы толерантности которой соответствуют местным условиям. При более глубоких адаптационных процессах здесь могут появиться и генетические расы.

Таким образом, в природных условиях организмы зависят от состояния критических факторов, содержания необходимых веществ и диапазона толерантности самих организмов к этим и другим компонентам среды.

1.4 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Понятие экосистемы

Экосистема – основная функциональная единица экологии. Это *единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой обитания*. Иными словами экосистема – это уравновешенное сообщество живых организмов и окружающей неживой среды. Автором термина является английский ботаник А. Тенсли, который ввел его в 1935 г.



**А. Тенсли
(1871-1955)**

Экосистема – довольно гибкое понятие, к ней может относиться биотическое сообщество любого масштаба со средой обитания – от пруда до Мирового океана, от дерева в лесу до обширного лесного массива. При этом обычно между экосистемами нет четких границ, и одна экосистема постепенно переходит в другую. В связи с этим выделяют:

микроекосистемы – (лишайник на стволе дерева);

мезоекосистемы – (озеро, пруд, лесной массив);

макроекосистемы – (континент, океан);

глобальную экосистему – (биосфера Земли).

В экологии также часто используется термин «биогеоценоз», который в 1944 г. ввел академик В.Н. Сукачев для обозначения элементарной природной системы.

Биогеоценоз – пространственно обособленная и неограниченно долго существующая природная система, в которой функционально взаимосвязаны живые организмы и окружающая их среда.



**В.Н. Сукачев
(1880-1967)**

Ряд ученых считают понятия «биогеоценоз» и «экосистема» синонимами, однако некоторые российские ученые не разделяют этого мнения, видя в терминах определенные различия. Тем не менее, многие не считают данные различия существенными и ставят знак равенства между этими понятиями.

На рисунке 1.4 представлен пример экосистемы пруда со всем многообразием живых организмов.

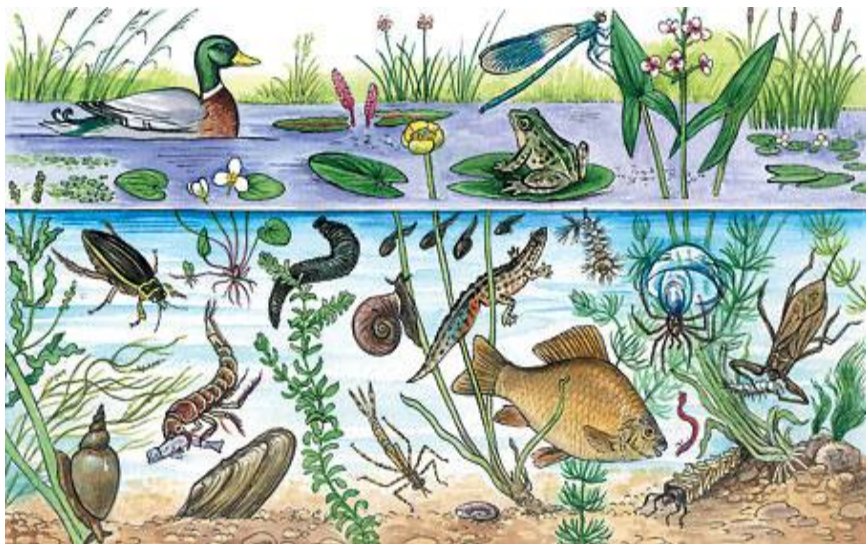


Рисунок 1.4 – Экосистема пруда

Компоненты экосистем

В состав экосистемы входят живые организмы (биота) и неживые (абиотические) компоненты – атмосфера, вода, питательные элементы, свет.

Все живые организмы по способу питания подразделяются на две группы – **автотрофы** (от греч. *аутос* – сам и *трофа* – питание) и **гетеротрофов** (от греч. гетерос – другой). Автотрофы используют неорганический углерод и синтезируют органические вещества из неорганических. По источнику энергии они в свою очередь также делятся на две группы.

Фотавтотрофы – для синтеза органических веществ используют солнечную энергию. Это зеленые растения, имеющие хлорофилл и усваивающие солнечный свет.

Хемоавтотрофы – для синтеза органических веществ используют химическую энергию. Это серобактерии и железобактерии, получающие энергию при окислении соединений серы и железа. Хемоавтотрофы играют значительную роль только в экосистемах подземных вод. В наземных экосистемах их роль сравнительно невелика.

Живые организмы и их абиотическое окружение нераздельно связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии.

Организмы, составляющие сообщество, соединены всевозможными видами связей, важнейшие из которых пищевые (трофические). По трофическим цепям в экосистемах энергия последовательно передается от одних организмов к другим.

Пищевые связи, или цепи, начинаются с уровня создания продукции, за которым следует несколько уровней потребления. На каждом из этих уровней находятся определенные группы организмов:

Трофические цепи начинаются с **продуцентов** – автотрофных организмов, которые относятся к *первому* трофическому уровню. Эти организмы в процессе фотосинтеза преобразуют лучистую энергию Солнца в потенциальную химическую, откладывая ее в виде органических соединений.

К продуцентам относятся наземные растения, водоросли а также некоторые бактерии, самостоятельно синтезирующие питательные элементы.

На *втором* трофическом уровне находятся **консументы** – гетеротрофные организмы, которые потребляют готовое органическое вещество. Различают консументов 1, 2, 3 и 4 порядка. Консументы 1 порядка – растительноядные животные, 2 порядка – организмы, питающиеся растительноядными животными (плотоядные или хищники). Консументы 3 и иногда 4 порядка всегда плотоядные организмы.

Последним звеном пищевой цепи являются **редуценты** – организмы, разлагающие органические остатки до минеральных веществ. К ним относятся бактерии, грибы, некоторые животные, микроорганизмы. Высвобожденные ими минеральные вещества повторно используются продуцентами. Роль организмов этого уровня потребления для биосферы огромна. Они осуществляют постепенную минерализацию органической материи и ее возврат в неорганический мир, обеспечивая тем самым круговорот элементов.

Продуценты, консументы и редуценты являются *биотическими компонентами* экосистем и составляют биомассу экосистемы.

К *абиотическим* компонентам экосистем относятся неорганические вещества – углерод, кислород, азот, вода, атмосферная углекислота, минеральные вещества. Все они являются источником питательных элементов для растений и благодаря им включаются в круговорот. К этой группе также относятся органические вещества, находящиеся в организмах (белки, жиры, углеводы), и в почве (гуминовые соединения). Эти органические соединения являются связующими между живыми и неживыми частями экосистемы.

1.5 ЭНЕРГИЯ В ЭКОСИСТЕМАХ

Все разнообразие различных проявлений жизни сопровождается превращениями энергии. Единственным источником энергии для биосферы является Солнце. Энергия, получаемая в виде света поверхностью Земли, уравнивается энергией, излучаемой с ее поверхности в форме невидимого теплового излучения. Это сохраняет тепловой баланс Земли на постоянном уровне. Таким образом осуществляется круговорот энергии на Земле как космическом объекте.

Иной вид имеет передача и превращение энергии в пределах биосферы и, в частности экосистем. Все разнообразие проявлений жизни сопровождается превращением энергии, хотя энергия при этом не создается и не уничтожается (первый закон термодинамики).

На верхнюю границу биосферы из космоса падает солнечный свет с энергией $8,3 \text{ Дж на } 1 \text{ см}^2 \text{ в } 1 \text{ мин}$, но, проходя через атмосферу, он экспоненциально ослабляется, и в ясный летний полдень до поверхности Земли может дойти не более 67 % от этой энергии. Растения умеренной зоны получают за день энергии в среднем $12500\text{--}16500 \text{ кДж/м}^2$. Из падающей на продуцентов световой энергии лишь очень небольшая часть (1 %) поглощается растениями. Весь животный мир получает эту потенциальную химическую энергию из органических веществ, созданных фотосинтезирующими растениями. Животные используют химическую потенциальную энергию пищи и большую часть ее превращают в тепло за счет процессов окисления пищи в организме. Эта энергия расходуется на пополнение энергетических затрат животных организмов для поддержания метаболических процессов, которые называют *тратой на дыхание*. Часть энергии рассеивается в виде тепла при химических реакциях в организме. Затраты на дыхание оцениваются общим количеством углекислого газа, выделенного организмом. Значительно меньшая часть энергии пищи у животных переводится также в химическую потенциальную энергию заново синтезированной протоплазмы с накоплением биомассы соответствующего уровня потребления.

Таким образом, большая часть энергии при переходе с одного трофического уровня на другой, более высокий, теряется. Приблизительно потери составляют около 90 %, поэтому на каждый последующий уровень передается не более 10 % энергии от предыдущего уровня. Это правило получило название **правила 10%**. Так, если калорийность продуцента 1000 Дж, то при попадании в тело фитофага остается 100 Дж, в теле хищника уже 10 Дж, а если этот хищник будет съеден другим, то на его долю останется лишь 1 Дж, т.е. 0,1 % от калорийности растительной

пищи. Именно поэтому общее число трофических уровней редко превышает 3-4.

Уровни продуцирования в экосистеме

Существует два уровня продуцирования, на которых создается продукция. В соответствии с ними различают *первичную* и *вторичную* продукцию.

Первичная продукция – продукция, вырабатываемая в процессе фотосинтеза автотрофными организмами. Первичную продукцию подразделяют на *валовую* – общее количество созданного органического вещества и *чистую* – то, что осталось после расходов на дыхание.

Вторичная продукция – продукция, которую вырабатывают гетеротрофные организмы. Поскольку консументы лишь используют ранее созданные органические вещества, вторичную продукцию на валовую и чистую не делят. Рассчитывают вторичную продукцию отдельно для каждого трофического уровня, так как она формируется за счет энергии, поступающей с предшествующего уровня.

Все живые компоненты экосистемы называют **биомассой** – совокупность растительных, животных и микроорганизмов. Она может быть выражена числом особей, в весовых и энергетических единицах (джоулях).

Скорость продуцирования биомассы называется **продуктивностью**. Она измеряется количеством органического вещества, которое создано за единицу времени на единице площади.

В экосистеме существует постоянная циркуляция веществ между разными ее блоками (круговорот веществ). В отличие от веществ, энергия в экосистеме может быть использована только один раз. Это является основной **особенностью потока энергии**. Жизнь, таким образом, поддерживается непрерывным потоком солнечного света извне.

Поток энергии в экосистеме можно выразить через валовую продукцию (P_v):

$$P_v = P_{\text{ч}} + D,$$

где $P_{\text{ч}}$ – чистая продукция (прирост биомассы);

D – затраты на дыхание.

На рисунке 1.5 представлена схема потока энергии в экологической системе.

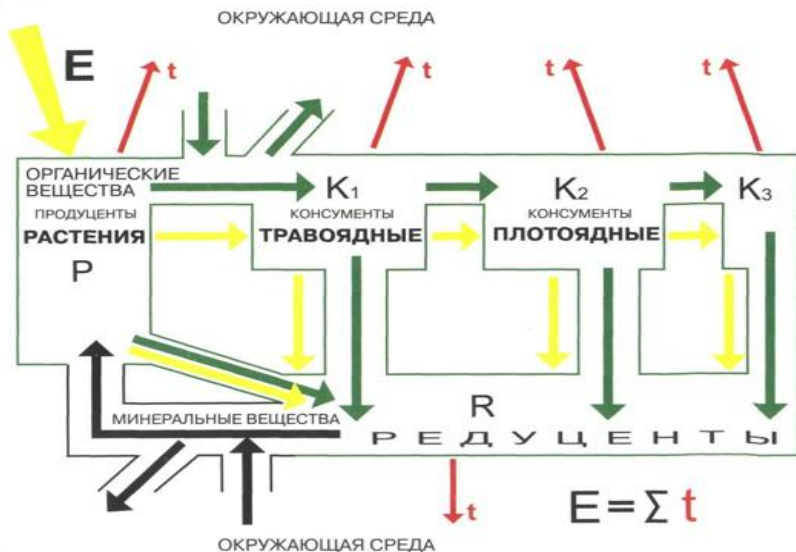


Рисунок 1.5 – Поток энергии в экосистеме

По продуктивности экосистемы делят на четыре класса.

1. Экосистемы с очень высокой продуктивностью – свыше 2 кг/м^2 в год. Такой высокий показатель характерен для экосистем тропических лесов и коралловых рифов.

2. Экосистемы высокой биологической продуктивности – $1-2 \text{ кг/м}^2$ в год. Это сообщества прибрежных зарослей озера и рек средней полосы, липово-дубовые леса, посевы кукурузы и многолетних трав при орошении и удобрении.

3. Экосистемы с умеренной биологической продуктивностью – $0,25-1 \text{ кг/м}^2$ в год. Такую продуктивность имеют многие посевы, сосновые и березовые леса, сенокосные луга и степи.

4. Экосистемы низкой биологической продуктивности – менее $0,25 \text{ кг/м}^2$. Это арктические пустыни островов Северного Ледовитого океана, тундры, вытопанные скотом степные пастбища, горные степи, пустыни экваториального климата. Такая же низкая продуктивность и у большей части морских экосистем.

Средняя продуктивность экосистем Земли не превышает $0,30 \text{ кг/м}^2$ в год, так как на планете преобладают низкопродуктивные экосистемы пустынь и океанов.

Экологические пирамиды

Трофическую структуру экосистем можно изобразить графически в виде **экологических пирамид** (рис. 1.6). Основанием пирамиды служат продуценты, а последующие звенья цепи питания образуют блоки и вершину пирамиды. В ней прямоугольники обозначают продукцию каждого уровня и расположены один над другим. Длина каждого прямоугольника пропорциональна продуктивности (рис. 1.7).

Известны три основных типа экологических пирамид:

- 1) пирамида чисел, отражающая численность организмов на каждом уровне;
- 2) пирамида биомассы, характеризующая массу живого вещества;
- 3) пирамида энергии – имеет универсальный характер и показывает изменение энергии на трофических уровнях.

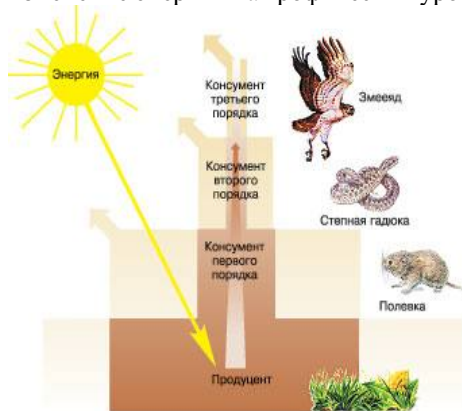


Рисунок 1.6 –

Экологическая пирамида луга

генераций мала, а у продуцентов – фитопланктона – оборачиваемость может в сотни раз превышать запас биомассы. Поэтому чистая продукция продуцентов и здесь превышает продукцию, поглощенную консументами, т.е. через уровень продуцентов проходит больше энергии, чем через всех консументов.

В наземных экосистемах действует следующее правило пирамиды биомасс: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса больше всей биомассы хищников. Из рисунка 1.7 видно, что для океана приведенное выше правило пирамиды биомасс недействительно – она имеет перевернутый вид. Для экосистемы океана характерно накопление биомассы на высоких уровнях, у хищников. Хищники живут долго и скорость оборота их

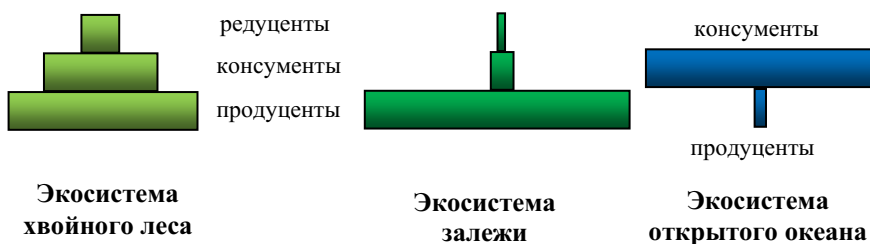


Рисунок 1.7 – Пирамиды биомасс некоторых биоценозов

На рисунке (рис. 1.6) приведен пример экосистемы, в которой первичная продукция обеспечивается злаками, а далее идут последовательно уровни потребления.

Высота пирамиды соответствует длине пищевой цепи. Чем длиннее цепь, тем меньше значение по биомассе, числу или энергии имеют плотоядные на вершине пирамиды. Последнее можно наглядно проиллюстрировать пирамидами чисел, биомасс и энергии для очень простой и экологически интересной для анализа пищевой цепи человека.

Низкая способность фотосинтеза при трансформации солнечной энергии в растительное вещество представляет, как отмечено выше, общее природное явление. В связи с этим, экологически грамотно было бы пользоваться первичной продукцией, а не расходовать ее на выращивание вторичной. Знание энергетики экосистемы и количественные ее показатели позволяют точно учесть возможность изъятия из нее того или иного количества растительной и животной биомассы без подрыва ее продуктивности.

1.6 РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ

Экологическая система является динамичной структурой, которая изменяется во времени.

Процесс развития экосистемы многие ученые называют *экологической сукцессией*.

Сукцессия – это последовательная смена биоценозов, преемственно возникающая на одной и той же территории под влиянием природных факторов или деятельности человека.

Изменения в сообществе в результате сукцессии носят закономерный характер и обусловлены взаимодействием организмов между собой и с окружающей абиотической средой.

Экологическая сукцессия происходит в определенный период времени, в течение которого изменяется видовая структура сообщества. Замещение видов вызывается тем, что каждая популяция изменяет окружающую среду и создает при этом условия, благоприятные для других популяций, которые постепенно сменяют предыдущие. Это происходит до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между биотическими и абиотическими компонентами среды. Развитие экосистем во многом аналогично развитию отдельного организма.

Для возникновения сукцессии необходимо свободное пространство. В зависимости от первоначального состояния субстрата различают *первичную* и *вторичную* сукцессии.

Первичная сукцессия начинается на участке, который перед этим не был занят каким-либо сообществом, например, при отступлении моря, на песке или лавовом потоке, на склоне после оползня или обвала.

Пример первичной сукцессии – зарастание скал. В результате жизнедеятельности организмов поверхность горной породы разрушается. По мере того, как на поверхности скалы появляется слой мелких частиц, изменяется состав населяющих ее растительных и животных организмов – лишайников и простейших постепенно заменяют мхи, насекомые и животные. При этом увеличивается биологическая продуктивность и видовое разнообразие организмов. Со временем появляются мхи, травы, кустарники и деревья.

Длительность первичной сукцессии составляет около 1000 лет.

На рисунке 1.8 приведен еще один пример первичной сукцессии – зарастание водоема.

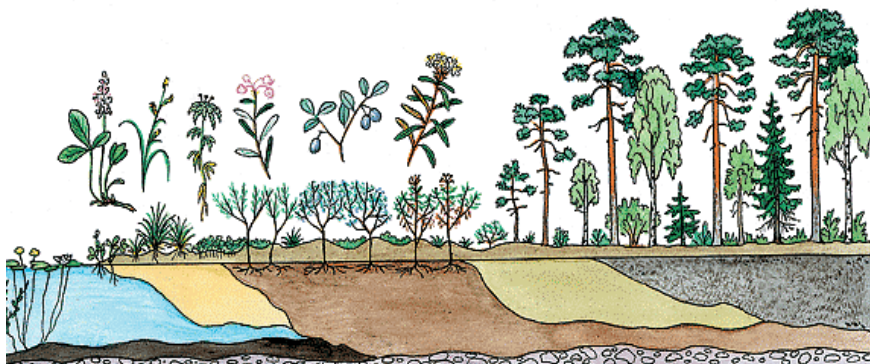


Рисунок 1.8 – Экологическая сукцессия – заболачивание водоема с возникновением на его месте лесного биоценоза

Вторичная сукцессия происходит на площади, с которой удалено предыдущее сообщество, например, на заброшенном поле или на вырубке леса. Вторичная сукцессия протекает обычно быстрее первичной (150-250 лет), так как на территории, которая ранее была занята, уже имеется некоторые организмы и органическое вещество, накопленное предыдущей экосистемой.

Типичным примером вторичной сукцессии является изменение участка степи (или луга) под влиянием сильного выпаса. Высокослые растения могут приспособиться только к умеренному выпасу и поэтому на пастбищах, где пасется много скота, они постепенно исчезают из травостоя. В ходе сукцессии им на смену приходят низкорослые растения с прижатыми к земле розетками листьев. Такие растения меньше страдают от копыт животных и их труднее скосывать. В результате на смену типичным степным (или луговым) травам приходят растения, не характерные для данных территорий – подорожники, одуванчик, клевер, гречишка птичья и др.

Похожие изменения происходят и в лесах, которые посещают люди для отдыха. Вначале к лесным видам начинают примешиваться более устойчивые к вытаптыванию луговые травы. Со временем лесные травы полностью исчезают. Одновременно в лесу прекращается возобновление деревьев, так как ухудшаются условия для всходов древесных растений. Обедняется птичье население, на смену лесным птицам приходят птицы – спутники человека. Из-за уплотнения почвы начинаются болезни корневых систем деревьев, они усыхают и лес погибает.

Вторичная сукцессия проявляется также в **эвтрофикации** водоемов. Эвтрофикация происходит при попадании в водоемы биогенных элементов, из-за чего наблюдается взрывной рост численности водорослей, прежде всего сине-зеленых. Многие из них способны фиксировать молекулярный азот из атмосферы, а некоторые способны освобождать фосфор из продуктов метаболизма. Обладая этим и рядом других подобных качеств, они захватывают водоем и доминируют в биоценозе, который в результате полностью перерождается. При разложении мертвых остатков начинают интенсивно размножаться анаэробные бактерии и вода лишается кислорода, из-за чего гибнут животные и растения.

Гомеостаз и устойчивость экосистем

Сукцессия заканчивается образованием зрелой экосистемы, находящейся в равновесии со средой. Такое состояние получило название

гомеостаза – способности природных сообществ противостоять изменениям окружающей среды и сохранять состояние равновесия.

Устойчивость – это свойство экосистемы возвращаться в исходное состояние после снятия внешнего воздействия, которое привело к выходу системы из состояния равновесия.

Стабильность экосистемы – это способность сохранять свою структуру и функциональные свойства при воздействии на нее внешних факторов.

Состояние равновесие поддерживается в экосистеме за счет постоянства циклов питательных элементов, которые после разложения органического вещества возвращаются в почвенный раствор и повторно используются продуцентами, а также в результате полного рассеивания поступившей в экосистему энергии. Экосистема поддерживает равновесие в результате того, что в нее постоянно поступает новая солнечная энергия.

Природа устойчивости экосистем состоит в наличии разного рода *обратных связей*. В основном это *отрицательные* обратные связи, которые направлены на стабилизацию параметров экосистемы, возвращая их значения к какой-то изначально заданной величине. Однако немаловажную роль играют и *положительные* обратные связи, усиливающие благоприятные для системы изменения, например, в плане роста и выживаемости организмов. Однако деятельность положительных обратных связей обязательно должна быть ограничена соответствующими отрицательными обратными связями, иначе ничем неконтролируемая экспансия жизни может привести экосистему к гибели.

Механизмы реализации обратных связей называются *механизмами гомеостаза* (от греческих слов homoios – подобный, одинаковый и stasis – состояние). Обычно они достаточно сложны, так как их компоненты связаны в единые информационные сети факторами среды, а также различными физическими и химическими агентами.

Однако не всегда экологическая сукцессия протекает по пути восстановления экосистемы. В случае, если на нее было оказано сильное негативное воздействие, экосистема может не восстановиться, а, наоборот, деградировать. В этом случае сукцессия заканчивается образованием менее продуктивного сообщества. Такой случай возможен при нарушении экосистем Крайнего Севера, которые очень чувствительны на внешние воздействия и процесс восстановления которых протекает крайне медленно. Примером также может служить превращение лесной экосистемы в болотную при сплошной рубке леса.

Изменение параметров экосистемы в процессе сукцессии

Изменение потока энергии

На ранних стадиях сукцессии скорость образования валовой первичной продукции (P_v) превышает скорость дыхания сообщества (D), то есть соотношение $P_v/D > 1$. В результате часть энергии в виде биомассы (B) постоянно накапливается (рисунок 1.9). За ее счет образуются различные структуры экосистемы – животный мир, мир микроорганизмов и др., увеличиваются ресурсы данного место обитания.

В зрелых же экосистемах вся фиксированная энергия используется в общем дыхании растений и организмов. Уровень дыхания D приближается к валовой продукции, а, следовательно, величина чистой продукции падает до нуля, что следует из потока энергии $P_v = P_{ch} + D$;

при $P_v = D$, $P_{ch} = 0$

Это значит, что в зрелой экосистеме нет лишней энергии и нет прироста вещества за год. Отношение D/P_v свидетельствует о степени приближения экосистемы к состоянию зрелости. До тех пор, пока валовая продукция превышает затраты на дыхание, в развивающейся экосистеме будет накапливаться биомасса.

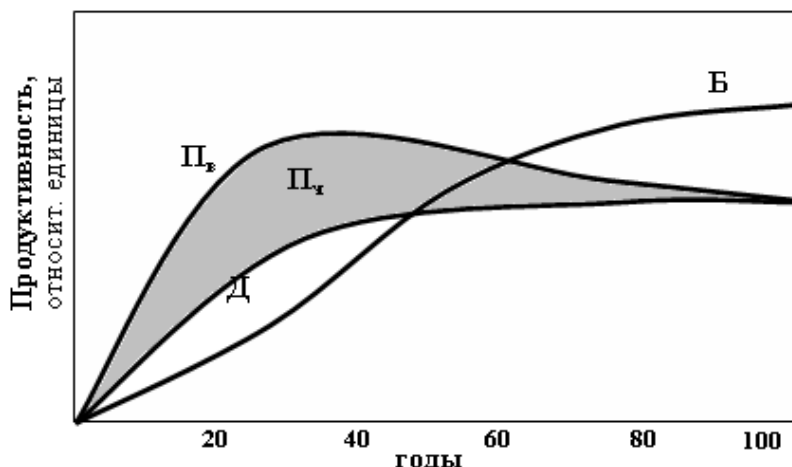


Рисунок 1.9 – Изменение составляющих потока энергии в процессе сукцессии

На рисунке 1.9 заштрихованная область показывает, как убывает чистая продукция по мере приближения экосистемы к зрелому состоянию, к этому времени рост биомассы стабилизируется, а максимум чистой продукции приходится на возраст экосистемы 30-40 лет.

Изменение видового разнообразия

На ранних стадиях сукцессии видовое разнообразие незначительно, но по мере развития сукцессии оно увеличивается, меняется видовой состав сообщества, усложняются и удлинняются пищевые цепи, увеличиваются размеры организмов, развиваются симбиозы, усложняется трофическая структура экосистемы. Пик видового разнообразия приходится на середину сукцессионного ряда.

На ранних стадиях сукцессии преобладают виды с высокой скоростью размножения и роста, но низкой способностью к индивидуальному выживанию. На стадии равновесия естественный отбор благоприятствует видам с низкой скоростью роста, но большей способностью к выживанию. Таким образом, в процессе сукцессии происходит переход от количества продукции к качеству.

Изменение круговоротов биогенных элементов

По мере усложнения трофической структуры экосистемы увеличивается время оборота биогенных веществ. Кроме того, циклы многих биогенных элементов, таких как азот, фосфор и кальций, замыкаются в пределах данной экосистемы. Все это способствует накоплению запаса биогенных элементов. То есть, в процессе сукцессии количество этих элементов на входе оказывается большим, чем их количество на выходе. В зрелой климаксовой системе вход и выход биогенных элементов почти уравниваются, однако некоторое накопление все же происходит. Таким образом, равновесная система более независима от внешних поступлений вещества.

Значение экологической сукцессии для человека

Зрелое сообщество способно стабилизировать в своем окружении физические факторы среды, так как оно является буфером на внешние изменения, в том числе и неблагоприятные: бури, наводнения, изменения температуры, ветровую эрозию почвы. Эти функции зрелое сообщество выполняет лучше, чем молодое.

Однако в зрелом сообществе чистая продукция практически отсутствует, и, следовательно, использовать такую экосистему с целью получения продуктов питания, заготовки древесины, выпаса скота и др. нельзя.

Для своих хозяйственных целей, получения продуктов питания, в частности, человек должен располагать ранними стадиями сукцессии, т.е. молодыми сообществами, у которых чистая продукция максимальна. К таким молодым экосистемам относятся возделываемые сельскохозяйственные культуры. Они не достигают состояния зрелости в эволюционном понимании. Изменения параметров экосистемы в процессе сукцессии представлены в виде графических зависимостей на рисунке 1.10.

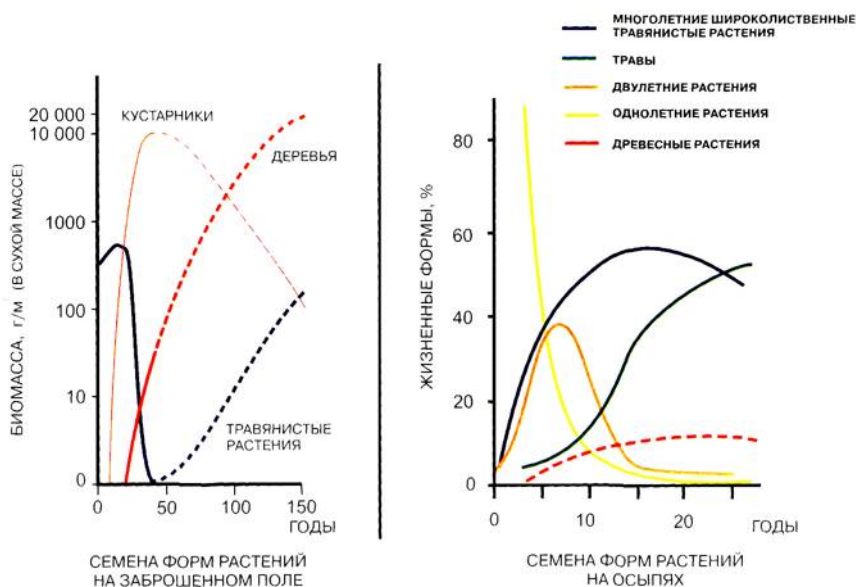


Рисунок 1.10 – Изменение некоторых параметров экосистемы в процессе сукцессии

В интересах человека необходимо сочетать оба вида экосистем – зрелые и молодые, только таким образом можно достичь сбалансированного развития территорий.

1.7 ПОПУЛЯЦИИ

Популяция (от лат. *populus* – «население») — любая, способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, более или менее изолированная в пространстве и времени от других аналогичных совокупностей одного и того же вида.

Популяция является элементарной единицей эволюционного процесса (рис. 1.11), так как в ней происходит самовоспроизводство живого вещества, она обеспечивает выживание вида благодаря наследственности адаптационных качеств, а также дает начало новым популяциям и процессам видообразования.

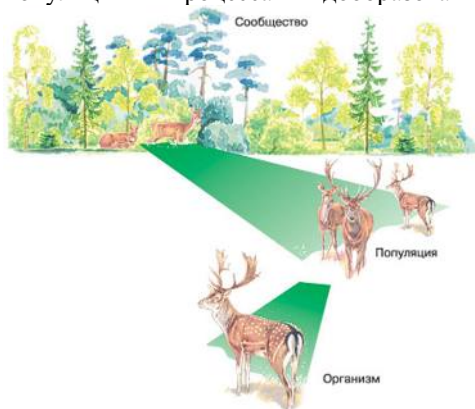


Рисунок 1.11 – Уровень организации сообществ

Выделяют две группы количественных показателей популяции – статические и динамические.

Статические показатели популяций

Статические показатели характеризуют состояние популяции на данный момент времени.

К статическим показателям популяций относятся их численность, плотность и показатели структуры.

Численность – это общее количество особей, составляющих данную

популяцию в определенный момент времени. Численность благополучно существующей популяции всегда больше *нижнего предела выживания* – минимального количества особей, при котором популяция не исчезает.

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

Плотность и численность популяции зависят от величин рождаемости и смертности особей.

Показатели структуры:

- *половой* - соотношение полов;
- *размерный* - соотношение количества особей разных размеров;

– *возрастной* - соотношение количества особей различного возраста в популяции.

Численность тех или иных животных определяется различными методами. Например, подсчетом с самолета или вертолета при облетах территории. Численность гидробионтов определяют путем отлавливания их сетями (рыбы), для микроскопических (фитопланктон, зоопланктон) применяют специальные мерные емкости.

Численность человеческой популяции определяется путем переписи населения всего государства, его административных подразделений и т. п. Знание численности и структуры населения (этнической, профессиональной, возрастной, половой и т. п.) имеет большое экономическое и экологическое значение.

Плотность популяции определяется без учета *неравномерности* распределения особей на площади или в объеме, т. е. получаем *среднюю плотность* животных, деревьев, людского населения на единицу площади или микроскопических водорослей в единице объема.

Динамические показатели популяций

Динамические показатели характеризуют процессы, протекающие в популяции за какой-то промежуток (интервал) времени. Основными динамическими показателями (характеристиками) популяций являются рождаемость, смертность и скорость роста популяций.

Рождаемость или ***скорость рождаемости*** – это число особей, рождающихся в популяции за единицу времени. При рассмотрении экосистем пользуются другим динамическим показателем - ***продукцией*** - суммой прироста массы всех особей (независимо от того, сколько они прожили) из множества популяций биогенного сообщества за определенный промежуток времени.

Смертность или ***скорость смертности*** – это число особей, погибших в популяции в единицу времени. Но убыль или прибыль организмов в популяции зависит не только от рождаемости и смертности, но и от скорости ***иммиграции и эмиграции***, т. е. от количества особей, прибывших и убывших в популяции в единицу времени. Увеличение численности, прибыль зависят от количества *рожденных* (рожденных за какой-то период времени) и *иммигрировавших* особей, а уменьшение, убыль численности – от *гибели* (смертности в широком смысле) и *эмиграции* особей.

Явления иммиграции и эмиграции на численность влияют несущественно, поэтому ими при расчетах можно пренебречь. Рождаемость, или скорость рождаемости, выражают отношением:

$$R = \frac{\Delta N_n}{\Delta t}$$

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

Смертность – величина обратная рождаемости, но измеряется в тех же величинах и вычисляется по аналогичной формуле. Если принять, что ΔN_m – число погибших особей (независимо от причины) за время Δt , то *удельная смертность*:

$$S = \frac{\Delta N_m}{\Delta t}$$

Величины рождаемости и смертности по определению могут иметь только положительное значение, либо равное нулю.

Продолжительность жизни вида зависит от условий (факторов) жизни. Различают физиологическую и максимальную продолжительность жизни.

Физиологическая продолжительность жизни – это такая продолжительность жизни, которая определяется только физиологическими возможностями организма. Теоретически она возможна, если допустить, что в период всей жизни организма на него не оказывают влияние лимитирующие факторы.

Максимальная продолжительность жизни – это такая продолжительность жизни, до которой может дожить лишь малая доля особей в реальных условиях среды. Эта величина варьирует в широких пределах: от нескольких минут у бактерий до нескольких тысячелетий у древесных растений (секвойя), т.е. от 10^3 до 10^{11} сек.

Смертность и рождаемость у организмов весьма существенно изменяется с возрастом. Только увязав смертность и рождаемость с *возрастной структурой* популяции, можно вскрыть механизмы общей смертности и определиться со структурой продолжительности жизни. Такую информацию можно получить с помощью таблиц выживания.

Таблицы выживания, или «демографические таблицы», содержат сведения о характере распределения смертности по возрастам. Демография изучает размещение, численность, состав и динамику народонаселения, а эти таблицы она использует для определения *ожидаемой продолжительности жизни человека*. Таблицы выживания бывают динамические и статические.

Динамические таблицы строятся по данным прямых наблюдений за жизнью когорты, т. е. большой группы особей, рожденных в популяции за короткий промежуток времени относительно общей продолжительности

жизни изучаемых организмов, и регистрации возраста наступления смерти всех членов данной когорты. Такие таблицы требуют длительного наблюдения, измеряемого (для разных животных) месяцами или годами. Но практически невозможно такую таблицу сделать для долго живущих животных или для человека – для этого может потребоваться более 100 лет. Поэтому используют другие таблицы – статические.

Статические таблицы выживания составляются по данным наблюдений за относительно короткий промежуток времени за смертностью в отдельных возрастных группах. Зная численность этих групп (сосуществующих когорт) можно рассчитать смертность, специфическую для каждого возраста. Такие таблицы представляют собой как бы временной срез через популяцию. Если в популяции не происходит существенных изменений в смертности и рождаемости, то статические и динамические таблицы совпадают.

Данные таблиц выживания позволяют построить **кривые выживания**, на которых отражается зависимость количества доживших до определенного возраста особей от продолжительности этого интервала с самого момента рождения организмов.

Выделяют три типа основных кривых выживания (рис. 1.12), к которым в той или иной мере приближаются все известные кривые.

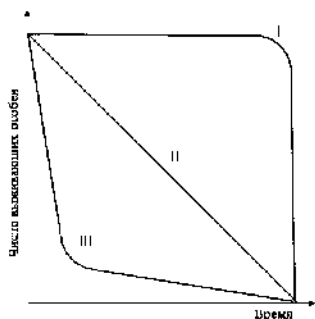


Рисунок 1.12 – Различные типы кривых выживания

Кривая I типа, когда на протяжении всей жизни смертность ничтожно мала, резко возрастающая в конце нее, характерна для насекомых, которые обычно гибнут после кладки яиц (ее и называют «кривой дрозофилы»), к ней приближаются кривые выживания человека в развитых странах, а также некоторых крупных млекопитающих.

Кривая III типа – это случаи массовой гибели особей в начальный период жизни.

Гидробионты и некоторые другие организмы, незаботящиеся о потомстве, выживают за счет огромного числа личинок, икринок, семян и т. п.

Моллюски, прежде чем закрепиться на дне, проходят личиночную стадию в планктоне, где личинки гибнут в огромных количествах, поэтому кривую III называют еще «кривой устрицы».

Кривая II типа (диагональная) характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни. Такое распределение смертности не столь уж редкое явление среди организмов. Встречаются они среди рыб, пресмыкающихся, птиц, многолетних травянистых растений.

Реальные кривые выживания часто представляют собой некоторую комбинацию указанных выше «основных типов». Например, у крупных млекопитающих, в т.ч. и у людей, живущих в отсталых странах, кривая I вначале круто падает за счет повышенной смертности сразу после рождения.

Образ жизни и территориальное поведение животных

Каждое животное соблюдает баланс энергии, получаемой от съедания пищи, которая затрачивается в том числе на охрану территории и охоту. При уменьшении корма животные расширяют свою территорию (а человек, например, «поднимает целину»). Такое поведение животных называют *территориальным поведением*. Чем крупнее животное, тем большая ему нужна площадь на добычу пищи, поэтому, чем больше размеры тела особи, тем меньше плотность популяции.

Территориальные границы могут быть весьма подвижны. Достаточно надежно определяются границы у немигрирующих животных (грызуны, моллюски), которые создают так называемые *локальные популяции*. У подвижных границы трудно определить, например, у лося, а тем более у птиц, которые легко мигрируют и расселяются на больших территориях.

Возможность расселения ограничивают экологические факторы. Из биотических факторов среды такими являются прежде всего пресс хищников и конкурентов, нехватка пищевых ресурсов, а влияние абиотических определяется толерантностью популяции к факторам среды.

Важнейшим условием существования популяции является толерантность к факторам (условиям) среды. Толерантность у разных особей и к разным частям спектра разная, поэтому *валентность популяции значительно шире, чем у отдельных особей*. Но из этого правила могут быть исключения, зависящие от того, какую стадию жизненного цикла проходит особь: толерантность наибольшая у покоящейся особи.

Таким образом, свойства популяции значительно отличаются от свойств отдельных особей, что особенно наглядно проявляется в динамике популяций.

Динамика численности популяции

Еще в XVII в. было установлено, что численность популяций растет по закону *геометрической прогрессии*, а уже в конце XVIII в. Томас Мальтус (1766-1834) выдвинул свою известную теорию о росте народонаселения в геометрической прогрессии. Эта закономерность роста выражается кривой, изображенной на рис. 1.13.

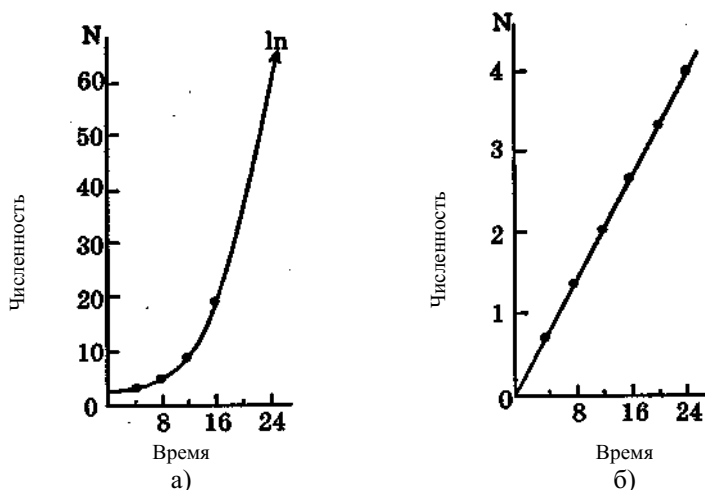


Рисунок 1.13 – Экспоненциальный рост гипотетической популяции одноклеточного организма, делящегося каждые 4 часа:
а) – арифметическая шкала;
б) – геометрическая шкала

На современном математическом языке эта кривая отражает *экспоненциальный* рост численности организмов и описывается уравнением:

$$N = N_0 e^{rt},$$

где N – численность популяции в момент времени t ;
 N_0 – численность популяции в начальный момент времени t_0 ;
 e – основание натурального логарифма (2,7182);
 r – показатель, характеризующий темп размножения особей в данной популяции.

Экспоненциальный рост возможен только тогда, когда r имеет постоянное численное значение, так как скорость роста популяции пропорциональна самой численности:

$$\Delta N/\Delta t = rN, \text{ а } r = \text{const.}$$

Если численность отложить в логарифмическом масштабе, то кривая приобретает вид прямой линии (рис. 1.13 б).

Таким образом, экспоненциальный **рост численности популяции** – это рост численности ее особей в неизменяющихся условиях.

Условия, постоянно сохраняющиеся в течение длительного времени, невозможны в природе. Если бы это было не так, то, например, обычные бактерии могли бы дать такую массу органического вещества, которая за два часа могла покрыть весь земной шар слоем толщиной в два метра.

Однако такого в природе не происходит, так как существует множество ограничивающих факторов. Но есть примеры, когда при замедлении роста, т.е. при снижении r , экспоненциальный рост сохраняется, он может также возникать и на коротких отрезках жизни популяций.

Чтобы иметь полную картину динамики численности популяции, а также рассчитать скорость ее роста, необходимо знать величину так называемой *чистой скорости воспроизводства* (R_0), которая показывает, во сколько раз увеличивается численность популяции за одно поколение за время его жизни – T .

$$R_0 = N_t / N_0,$$

где N_t – численность нового поколения;

N_0 – численность особей предшествующего поколения;

R_0 – чистая скорость воспроизводства, показывающая также, сколько вновь родившихся особей приходится на одну особь поколения родителей. Если $R_0 = 1$, то популяция стационарная, – численность ее сохраняется постоянной.

Скорость роста популяции обратно пропорциональна длительности поколения

$$r = \ln R_0 / T,$$

откуда ясно, что чем раньше происходит размножение организмов, тем больше скорость роста популяции. Это в равной степени относится и к популяции человека, отсюда важность значения этой закономерности в демографической политике любого государства.

Воздействие экологических факторов на скорость роста популяции может довести численность популяции до стабильной ($r=0$), либо ее уменьшить, т. е. экспоненциальный рост замедляется или останавливается полностью и *J-образная кривая* экспоненциального роста как бы

останавливается и выполаживается, превращаясь в так называемую S-образную кривую (рис. 1.14).

В природе так и происходит: экспоненциальный рост наблюдается какое-то достаточно короткое время, после чего ограничивающие факторы его стабилизируют и дальнейшее развитие популяции идет по **логистической модели**, что и описывается S-образной, или **логистической кривой роста** популяции.

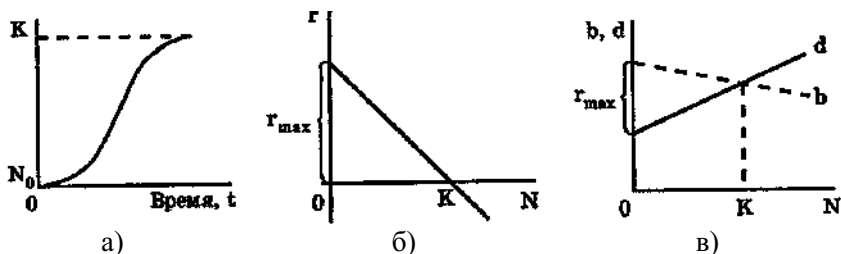


Рисунок 1.14 – Логистическая модель роста популяции:

а - кривая роста численности (N);

б - зависимость удельной скорости роста (r) от численности;

в - зависимость рождаемости (b) и смертности (d) от численности; K - предельная численность

В основе логистической модели лежит простое допущение, что скорость роста популяции (r_a) линейно снижается по мере роста численности вплоть до нуля при некой численности K. В результате решения уравнения логистической кривой получаем зависимость:

$$N_t = \frac{K}{(1 + e^{a - r_{\max} \cdot t})},$$

где N_t — численность популяции в момент времени t ;

e — основание натурального логарифма;

a — постоянная интегрирования;

$r_{\max}$ — максимальное значение скорости роста.

Величину K называют еще емкостью среды в отношении особей данной популяции. Здесь речь идет о биологической **емкости среды** — степени способности природного или природно-антропогенного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность (дыхание, питание, размножение, отдых и т. п.) определенному числу организмов и их сообществ без заметного нарушения самого окружения.

Экологические стратегии выживания

Экологическая стратегия выживания – стремление организмов к выживанию. Экологических стратегий выживания множество. Например, еще в 30-х гг. А. Г. Роменский (1938) среди растений различал три основных типа стратегий выживания, направленных на повышение вероятности выжить и оставить после себя потомство: **виоленты**, **пациенты** и **эксплеренты**.

Виоленты (силовики) – подавляют всех конкурентов, например, деревья, образующие коренные леса.

Пациенты – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях («тенелюбивые», «соелюбивые» и т. п.)

Эксплеренты (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества, – на вырубках и гарях (осины), на отменях и т. д.

Все многообразие экологических стратегий заключено между двумя типами эволюционного отбора, которые обозначаются константами логистического уравнения: **г-стратегия** и **К-стратегия**. Тип **г-стратегия**, или **г-отбор** определяется отбором, направленным прежде всего на повышение скорости роста популяции и, следовательно, таких качеств, как высокая плодовитость, ранняя половозрелость, короткий жизненный цикл, способность быстро распространяться на новые местообитания и пережить неблагоприятное время в покоящейся стадии. **К-стратегия** (или **К-отбор**) направлена на повышение выживаемости в условиях уже стабилизировавшейся численности. Это отбор на конкурентоспособность, повышение защищенности от хищников и паразитов, повышение вероятности выживаемости каждого потомка, на развитие более совершенных внутривидовых механизмов численности.

Очевидно, что каждый организм испытывает на себе комбинацию г- и К-отбора, но г-отбор преобладает на ранней стадии развития популяции, а К-отбор характерен для стабилизированных систем. Но все-таки, оставляемые отбором особи должны обладать достаточно высокой плодовитостью и достаточно развитой способностью выжить при наличии конкуренции и пресса хищников. Конкуренция г- и К-отбора позволяет выделять разные типы стратегий и ранжировать виды по величинам г и К в любой группе организмов.

Регуляция плотности популяции

Логистическая модель роста популяции предполагает наличие некой равновесной (асимптотической) численности и плотности. В случае, если

рождаемость и смертность равны, должны действовать факторы, изменяющие либо рождаемость, либо смертность.

Факторы, регулирующие плотность популяции, делятся на **зависимые и независимые** от плотности. Зависимые изменяются с изменением плотности, а независимые остаются постоянными при ее изменении. Практически, первые – это биотические, а вторые – абиотические факторы.

Влияние независимых от плотности факторов хорошо прослеживается на сезонных колебаниях численности планктонных водорослей. Например, в системе Манычских водохранилищ (Северное Предкавказье) диатомовые водоросли дают два «пика» численности — весной (конец апреля) и осенью (конец сентября), а в остальное время действуют (точнее, преобладают) зависимые от плотности факторы – конкурентная борьба на выживание с бурно развивающимися летом зелеными и сине-зелеными водорослями.

Непосредственно от плотности может зависеть и смертность в популяции. Такое явление происходит с семенами растений, когда зависимая от плотности (т. е. регулирующая) смертность происходит на стадии проростков. Смертность, зависимая от плотности, может регулировать численность и высокоразвитых организмов: довольно часто гибнут птенцы птиц, если их слишком много, а ресурсов не хватает.

Помимо выше описанной регуляции существует еще **саморегуляция**, при которой на численности популяции сказывается *изменение качества особей*. Различают саморегуляцию фенотипическую и генотипическую.

Фенотипы – совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе онтогенеза на основе данного генотипа. Дело в том, что при большой скученности (плотности) образуются разные фенотипы за счет того, что в организмах происходят физиологические изменения в результате так называемой **стресс-реакции** (дистресс), вызываемой неестественно большим скоплением особей. Например, у самок грызунов происходит воспаление надпочечников, что ведет к сокращению рождаемости. Кроме того, нехватка пищи заставляет особей эмигрировать на новые участки, что приводит к большой их гибели в пути и на новых участках, в новых условиях, т. е. повышается смертность и сокращается численность.

Генотипические причины саморегуляции плотности популяций связаны с наличием в ней по крайней мере двух разных генотипов, возникших в результате *рекомбинации* генов.

При этом возникают особи, способные размножаться с более раннего возраста и более часто, и особи с поздней половозрелостью и значительно меньшей плодовитостью. Первый генотип менее устойчив к стрессу при

высокой плотности и доминирует в период подъема пика численности, а второй – более устойчив к высокой скученности и доминирует в период депрессии.

Примером, подтверждающим воздействие генотипических изменений, являются известные с незапамятных времен насекомые – саранча. У саранчевых имеются две разнокачественные группы – одиночная и стадная формы, которые морфологически существенно отличаются. В благоприятные по влажности годы преобладают особи одиночной формы и популяция находится в равновесии. В результате же нескольких подряд засушливых лет создаются условия для развития особой стадной фазы.

У стадной формы вылупившиеся из яиц молодые особи (нимфы) быстро двигаются, лучше обеспечены водой и запасами питательных веществ и, хотя у них плодовитость меньше, за счет лучшей выживаемости, более быстрого развития и ярко выраженной способности собираться в группы, процесс размножения идет очень быстро и с нарастающей скоростью.

Образовавшиеся огромные стаи переносятся ветром на громадные расстояния. Так, мигрирующие очень быстро стаи красной саранчи в Центральной Африке могут занимать площадь, в 1500 раз превышающую области обитания одиночной фазы. Если во время миграции будет найдено место, благоприятное по условиям для размножения, размер стаи может увеличиться до невероятных значений. Так, стая красной саранчи, совершившая налет в Сомали в 1957 г., состояла из $1,6 \cdot 10^{10}$ особей, и масса ее достигала 50 тыс. т. Если учесть, что за день одна саранча съедает столько, сколько весит сама, то нетрудно представить колоссальные размеры бедствий. Именно такие нашествия насекомых рассматривались как одно из стихийных бедствий на Международном экологическом конгрессе в Иокогаме (1994 г.).

Циклические колебания можно также объяснить саморегуляцией. Климатические ритмы и связанные с ними изменения в пищевых ресурсах заставляют популяцию вырабатывать какие-то механизмы внутренней регуляции.

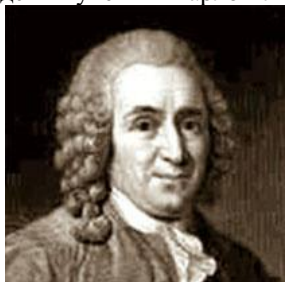
Саморегуляция обеспечивается механизмами торможения роста численности. Таких гипотетических механизмов три: 1) при возрастании плотности и повышенной частоте контактов между особями возникает стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность; 2) при возрастании плотности усиливается миграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны и повышается смертность; 3) при возрастании плотности происходят изменения генетического состава популяции – замена быстро

размножающихся на медленно размножающихся особей. Это свидетельствует о важнейшей роли популяции как в генетико-эволюционном смысле, так и в чисто экологическом, как элементарной единицы эволюционного процесса, и об исключительной важности событий, протекающих на этом уровне биологической организации, для понимания как существующих опасностей, так и возможностей управления процессами, определяющими само существование видов в биосфере.

1.8 СИСТЕМАТИКА ОРГАНИЗМОВ

Фундаментальной основой современной систематики является идея о единстве происхождения живых организмов и эволюции органического мира, приведшей к существующему многообразию живых организмов. Руководствуясь ею, современная систематика строит естественную систему на основе филогенетического родства (общности происхождения, близости родства между разными видами) анализируемых форм. Степень родственных отношений между сравниваемыми видами базируется на их морфологическом, анатомическом, биохимическом, генетическом и другом сходстве или различии. Для системы организмов свойственна иерархичность таксономических рангов, таксономическая единица более высокого ранга объединяет организмы по наиболее крупным и основополагающим признакам предыдущего ранга. Чем ниже ранг, тем более частный, подчиненный характер имеют признаки, по которым осуществляется группировка видов организмов в пределах данного таксона.

В настоящее время на Земле насчитывается более 2,2 млн. видов организмов. Систематика их все более усложняется, хотя основной скелет остается почти неизменным со времени ее создания выдающимся шведским ученым Карлом Линнеем в середине XVII в.



Карл Линней (1707-1778)

Первые попытки классифицировать живые организмы зафиксированы еще до нашей эры в Древней Греции. Аристотель разделил множество живых существ на два царства – растения и животные, различая их по таким признакам: растения «неподвижны и нечувствительны», а животные – «подвижны и чувствительны».

Подлинным же основателем

систематики органического мира считается шведский ученый Карл Линней, который в середине XVII в. распределил все организмы по классам, отрядам, родам и видам, а также установил правила их идентификации.

Деление организмов на два царства сохранилось вплоть до XX века. В наше время его уже делят на две империи – доклеточных (вирусы) и клеточных (все остальные организмы). Империя клеточных состоит из двух надцарств и четырех царств, кроме того, выделяют еще семь подцарств (табл. 1).

Таблица 1 – Современная классификация организмов

Надцарство	Царство	Подцарство
Доядерные (Procariota)	Дробянки (Mychota)	1. Бактерии (Bacteriobionta) 2. Цианеи или сине-зеленые водоросли (Cyanobionta)
Ядерные (Eucariota)	I. Животные (Animalia)	1. Одноклеточные животные (Protozoa) 2. Многоклеточные животные (Metazoa)
	II. Грибы (Mycetalia)	1. Низшие грибы (Muxobionta) 2. Высшие грибы (Mycobionta)
	III. Растения (Vegetabilia)	1. Багрянки (Rhodobionta) 2. Настоящие водоросли (Phycobionta) 3. Высшие растения (Embryobionta)

Более мелкой таксонометрической единицей после подцарства является *тип* у животных (*отдел* у растений), который образован разными *классами*, классы же состоят из *отрядов* (у животных) или *порядками* (у растений). Отряд (порядок) включает *семейства*, которые состоят из *родов*, а те, в свою очередь, из *видов*. Наименьшей единицей в систематике организмов является *популяция* – совокупность особей одного вида, длительно занимающая определённое пространство и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений.

На земле существуют две большие группы организмов, различия между которыми намного более глубокие, чем между высшими растениями и высшими животными, и, поэтому среди клеточных были выделены два надцарства: прокариотов – низкоорганизованных доядерных и эукариотов – высокоорганизованных ядерных организмов. Еще В 1934 г. Е. Шаттон предложил выделить бактерии в надцарство Прокариоты. И только в 70-е годы, благодаря электронной микроскопии и молекулярной биологии, удалось установить фундаментальные различия между прокариотными и эукариотными организмами, заключающиеся, прежде всего, в их клеточной организации.

Прокариоты представлены царством дробянок, к которым относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, в клетках которых нет ядра и ДНК в них не отделяется от цитоплазмы мембраной. Прокариоты являются древнейшими организмами в истории Земли, следы их жизнедеятельности выявлены в отложениях, образовавшихся около миллиарда лет назад. В настоящее время их известно около 5000 видов.

Среди *дробянок* самыми распространенными являются бактерии. Бактерии же являются и самыми распространенными организмами на Земле. Их размеры составляют от десятых долей до двух-трех микрометров. Распространены бактерии повсеместно, но больше всего их в почвах – сотни миллионов на один грамм почвы, а в черноземах – более двух миллиардов на грамм. Бактериальный состав почв очень разнообразен, в зависимости от выполняемых функций бактерии подразделяются на бактерии гниения, нитрифицирующие, азотфиксирующие, серобактерии. Кроме того, среди них выделяют аэробные и анаэробные формы.

Бактерии в результате эрозии почв попадают в водоемы. В прибрежной полосе их насчитывается до 300 тыс. в одном миллилитре, с удалением от берега и с глубиной их количество снижается до 100-200 особей на 1 мл.

В атмосферном воздухе бактерий значительно меньше.

Широко распространены бактерии в литосфере. Под почвенным слоем их всего на порядок меньше, чем в почве. В толще земной коры они встречаются на глубине более двух тысяч метров.

Сине-зеленые водоросли сходны по строению с бактериальными клетками, являются фотосинтезирующими организмами. Обитают они преимущественно в поверхностном слое пресноводных водоемов, хотя встречаются и в морях. Продуктом их метаболизма являются азотистые соединения, способствующие развитию планктонных водорослей, что при определенных условиях вызывает массовое развитие последних (цветение воды).

Некоторые из бактерий являются автотрофами (серобактерии), они создают органическое вещество из неорганического за счет процесса хемосинтеза из серы. Большинство же бактерий – гетеротрофы, среди которых преобладают редуценты, однако среди них есть и формы, которые вызывают болезни у животных и растений.

Зукариоты представлены тремя царствами: животных, грибов и растений, клетки которых содержат ядро и ДНК отделена от цитоплазмы ядерной мембраной, поскольку находится в самом ядре.

Растения – практически единственные организмы, создающие органическое вещество за счет неживых ресурсов – солнечной радиации и химических элементов, извлекаемых из окружающей среды в процессе фотосинтеза.

Среди растений выделяют *водоросли* – большую группу организмов, живущих в воде, где они либо свободно плавают, либо прикреплены к субстрату. Водоросли – это первые на Земле фотосинтезирующие организмы, которые образовали первый кислород на нашей планете. Кроме того, они способны усваивать азот, серу, фосфор, калий и другие компоненты непосредственно из воды, а не из почвы.

Остальные, более организованные растения – наземные организмы. Наиболее высокоорганизованных цветковых растений насчитывается более 250 тыс. видов.

В 1969 г. Уиттэйкер предложил выделить новое, третье царство зукариот – **грибы**, ранее относившихся к растительным организмам. Оказалось, что они не только не относятся к растениям, а имеют более тесную связь с животными организмами и, как и последние, происходят от жгутиковых простейших. Грибы – гетеротрофные организмы, не содержат хлорофилла. Их размеры варьируют от долей миллиметра до десятков сантиметров. Тело гриба состоит из нитчатых образований, которые формируют грибницу (мицелий). Около трех четвертей всех от известных грибов являются сапрофитами – организмами, питающимися гниющими остатками, некоторые паразитируют на растениях, единичные – на животных. Общеизвестны симбиотические отношения грибов и низших растительных организмов – водорослей: в них грибы помогают усваивать труднодоступные вещества водорослям.

Животные представлены большим разнообразием форм и размеров, их насчитывается более 1,7 млн. видов. Абсолютное большинство животных являются гетеротрофными организмами – консументами различных трофических уровней. Наибольшее количество видов и наибольшая численность принадлежит членистоногим. Только одних насекомых насчитывается более одного миллиона видов. На втором месте

по количеству видов стоит класс моллюсков, на третьем – позвоночных, среди них млекопитающие занимают примерно десятую часть, а рыбы – половину.

Соотношение количества сухопутных организмов и водных примерно одинаково для растений и животных. При этом на суше существуют примерно 92-93%, а в воде – 7-8% видов, что говорит о том, что выход организмов на сушу дал мощный толчок процессу эволюционного развития.

В настоящее время остро обсуждается вопрос о выделении еще одного царства эукариотных организмов – *протисты*, которые отличаются от всех остальных эукариот тем, что не имеют настоящих тканей и представлены преимущественно одноклеточными организмами. Таким образом, к царству протистов должны быть отнесены простейшие, водоросли и зооспоровые грибы, входящие в три разных царства: животные, растения и грибы.

В восьмидесятых годах в систематике организмов начали выделять новое царство прокариот – Архебактерии. Представители этого царства привлекли к себе пристальное внимание биологов, так как, будучи бесспорно прокариотными организмами (т.е. не имеющими оформленного ядра в клетке), они, по организации генетического аппарата, ряду биохимических и метаболических характеристик, проявляют определенную близость к эукариотным организмам.

В настоящее время предметом дискуссий является место *вирусов* в систематике органического мира. Центральное положение общепризнанной клеточной теории гласит: «клетка является структурной и функциональной единицей всего живого». Вирусы же – живые, но не клеточные организмы. Одни ученые утверждают, что вирусы – это «доклеточные формы жизни». Другие же рассматривают их как организмы, произошедшие от предковых форм, имеющих клеточное строение, но в процессе перехода к внутриклеточному паразитизму очень сильно упростившихся и утративших клеточную организацию. И те, и другие могут оказаться правыми. Действительно, на примере многоклеточных паразитов разных царств науке известны случаи глубокой редукции организмов. Например, цветковые растения-паразиты утрачивают корни, листья, способность к фотосинтезу. Паразитические рачки имеют мешковидное тело, не разделенное на голову, грудь и брюшко; они утрачивают конечности, пищеварительную, кровеносную, дыхательную системы. Паразитические черви утрачивают пищеварительную систему и другие органы. Возможно, и с предками современных вирусов произошли подобные упрощения организации при переходе к паразитизму. Это косвенно подтверждает и то, что на Земле до

настоящего времени не обнаружены вирусы, живущие свободно, вне хозяина. Сегодня ученые не в состоянии однозначно ответить на вопрос о происхождении вирусов, но, возможно, скоро эта проблема будет разрешена, и вирусы займут надлежащее место в систематике организмов.

2 ОСНОВЫ БИОГЕОХИМИИ

Биогеохимия – наука, изучающая роль живых организмов в разрушении горных пород и минералов, круговороте, миграции, распределении и концентрации химических элементов в биосфере.

Основными задачами биогеохимии являются:

1. Изучение путей миграции химических элементов, анализ биогеохимических циклов.
2. Исследование географических закономерностей распределения химических элементов, используемых живыми организмами.
3. Изучение химического обмена в системе человек – организмы – окружающая среда.
4. Изучение химического состава живых организмов и роли химических элементов в развитии организмов.
5. Изучение влияния технического прогресса на процессы в биосфере.

Круговорот веществ в природе

Существует два основных вида круговорота веществ в природе – большой (геологический) и малый (биогеохимический).

Геологический круговорот (рис. 2.1) обусловлен взаимодействием солнечной энергии с глубинной энергией Земли и осуществляет перераспределение веществ между биосферой и более глубокими горизонтами планеты.

Биогеохимический круговорот (рисунок 2.2) осуществляется в пределах биосферы.

Различают четыре основных вида миграции химических элементов:

- 1) механическую;
- 2) физико-химическую;
- 3) биогенную;
- 4) техногенную.

Механическая миграция предполагает механическое перемещение элементов без изменения их формы.

Физико-химическая миграция включает перемещение элементов и сопровождающие его химические реакции (растворение, сорбция, диффузия и пр.).

Биогенная миграция связана с жизнедеятельностью живых организмов.

Техногенная миграция вызвана деятельностью человека.

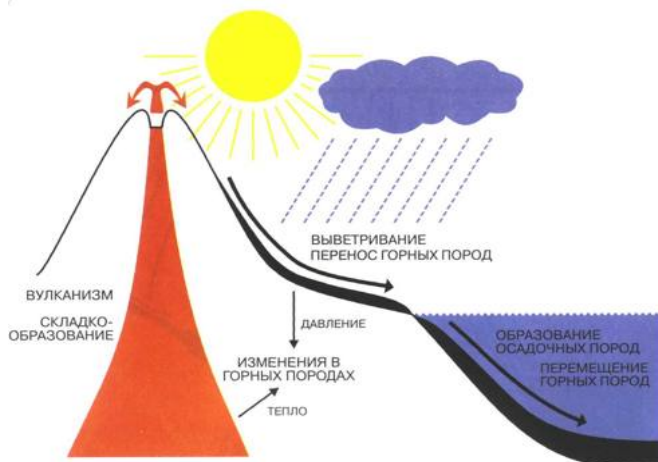


Рисунок 2.1 – Геологический круговорот веществ

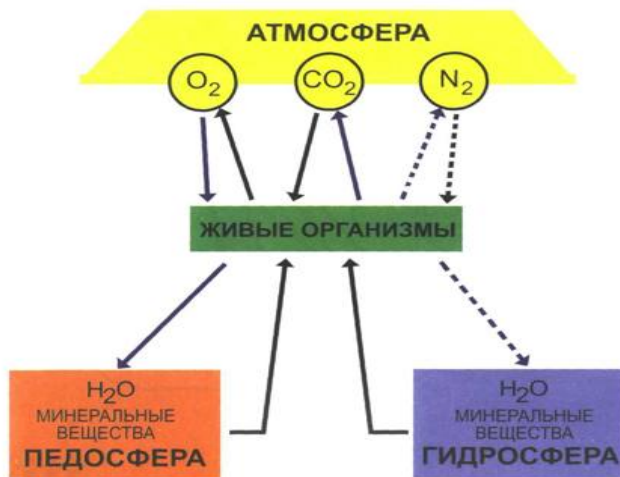


Рисунок 2.2 – Биохимический круговорот веществ

Гидрологический цикл воды

Гидрологический цикл (рис. 2.3) совершается за счет большей части (90%) энергии солнечного излучения, поступающего на поверхность Земли. Основные его процессы – **испарение и конденсация**.

Под воздействием солнечного излучения вода испаряется и водяные пары поступают в атмосферу, а после их конденсации в виде осадков возвращается на Землю. На суше часть ее вновь сразу испаряется, часть стекает по поверхности, часть впитывается. Вместе с водой циркулируют и все растворенные в ней химические вещества.

Благодаря гидрогеологическому циклу вода является **неисчерпаемым** природным источником.

Вмешательство человека в естественный круговорот воды приводит к следующим серьезным последствиям:

- ускоряется отток воды с суши;
- происходит загрязнение природной воды;
- усугубляется парниковый эффект.

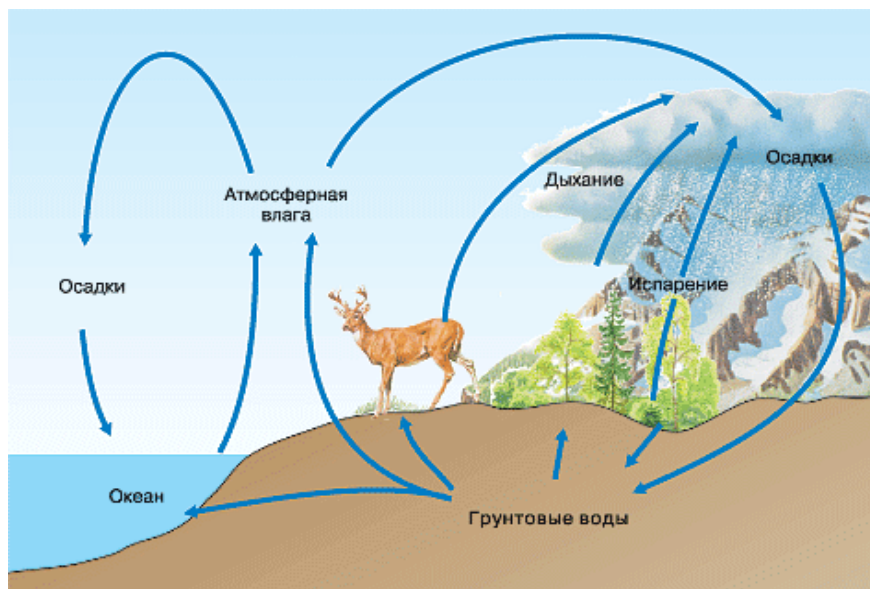


Рисунок 2.3 – Гидрологический цикл воды

Биогеохимический цикл углерода

Содержание углерода в атмосфере Земли составляет 0,046% в форме диоксида углерода и 0,00012% в форме метана. В земной коре его содержится 0,35%, в живом веществе – 18%. С этим элементом связан процесс возникновения и развития биосферы, так как углерод является основным элементом всех органических веществ.

Схема круговорота углерода представлена на рисунке 2.4.

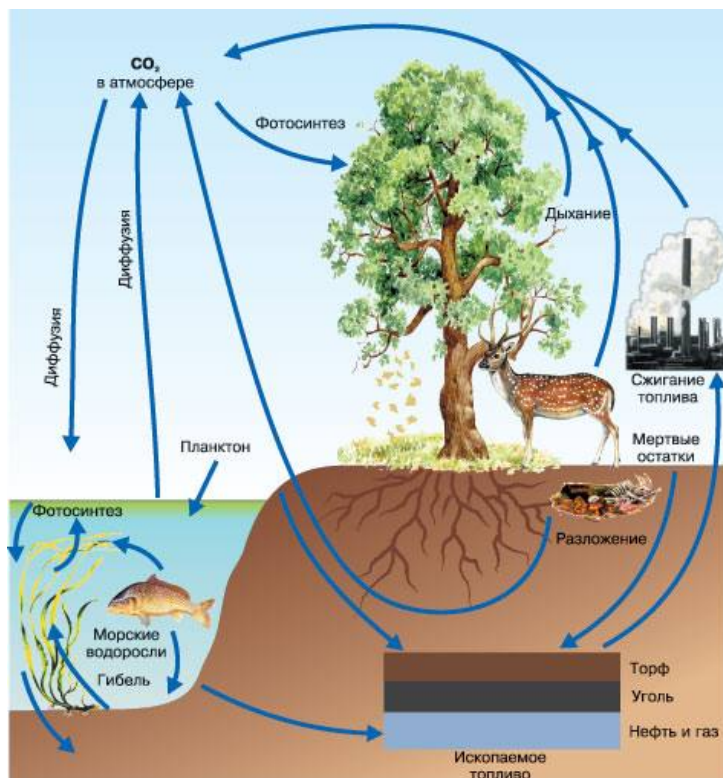


Рисунок 2.4 – Схема круговорота углерода

В круговороте углерода, а точнее, наиболее подвижной его формы – CO_2 – четко прослеживается трофическая цепь: продуценты, использующие углерод из атмосферы при фотосинтезе, консументы, поглощающие углерод вместе с телами продуцентов и консументов низших порядков, редуцентов – возвращающих углерод вновь в

круговорот. Скорость оборота CO_2 составляет порядка 300 лет (полная его замена в атмосфере).

В Мировом океане трофическая цепь: продуценты (фитопланктон) – консументы (зоопланктон, рыбы) – редуценты (микроорганизмы) осложняется тем, что некоторая часть углерода мертвого организма, опускаясь на дно, уходит в осадочные породы и участвует уже не в биологическом, а в геологическом круговороте вещества.

Главным резервуаром биологически связанного углерода являются леса, они содержат до 500 млрд. т этого элемента, что составляет 2/3 его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот этого элемента приводит к увеличению концентрации CO_2 в атмосфере.

Биогеохимический цикл кислорода

Кислород – самый распространенный элемент в земной коре. Его концентрация в мировом океане составляет 85,7%, в живом веществе – 70%. Благодаря высокой химической активности, кислород играет особую важную роль в земной коре. Он определяет окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия растворов и расплавов, формирование геохимических объектов. Для него характерна как ионная, так и неионная форма миграции в растворах.

Эволюция процессов на Земном шаре сопровождается увеличением содержания кислорода. Наличие органического вещества установлено в древних осадочных отложениях, возраст которых исчисляется в 3,8 млрд. лет. Следовательно, выделение кислорода в процессе фотосинтеза продолжается миллиарды лет. Масштабы продуцирования кислорода таковы, что указанное количество при сохранении скорости могло бы быть удвоено примерно за 4 тыс. лет. Но этого не происходит, так как в течение года различными путями разлагается примерно такое же количество органического вещества, какое образуется в ходе фотосинтеза, и при этом поглощается почти весь выделившийся кислород.

Реакции образования кислорода в земной коре весьма разнообразны, но главная «фабрика» по его производству – зеленые растения. Именно в процессе фотосинтеза высвобождается основная масса свободного кислорода, обладающего чрезвычайно высокой химической активностью.

При этом кислород расходуется в громадном количестве окислительных реакций, большинство из которых имеет биохимическую природу. В этих реакциях высвобождается энергия, поглощенная в ходе фотосинтеза. В почвах, илах, водоносных горизонтах развиваются микроорганизмы, использующие кислород для окисления органических соединений.

Запасы связанного кислорода на планете велики. Он входит в состав кристаллических решеток минералов и высвобождается из них живым веществом.

Таким образом, общая схема круговорота кислорода в биосфере складывается из двух основных ветвей (рисунок 2.5):

- образование свободного кислорода при фотосинтезе;
- поглощение кислорода в окислительных реакциях.

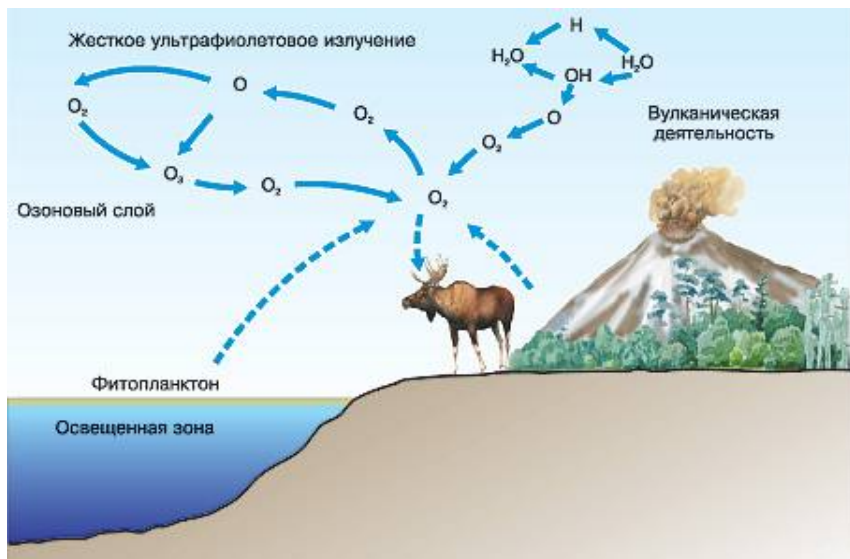


Рисунок 2.5 – Схема биогеохимического цикла кислорода

В современных условиях установившиеся в биосфере потоки кислорода и кислородсодержащих соединений нарушаются техногенными миграциями. Химические соединения, сброшенные предприятиями в природные воды, связывают растворенный в воде кислород, нарушая природные потоки этого элемента. В атмосферу выбрасывается большое количество углекислого газа, различных аэрозолей, что также ухудшает кислородный обмен. Загрязнение почв, вырубка лесов, опустынивание земель на огромных территориях уменьшают обмен кислородом и углекислым газом между атмосферой и сушей. Огромное количество атмосферного кислорода расходуется при сжигании топлива. В некоторых промышленно развитых странах кислорода сжигают больше, чем его образуется за счет фотосинтеза.

Биогеохимический цикл азота

Азот является весьма инертным в химическом отношении газом, которого в атмосфере содержится примерно 78%. В значительно меньшем количестве в воздухе присутствуют соединения азота (аммиак, ионы азота), которые, наоборот, легко вступают в реакцию. В литосфере и гидросфере азота содержится меньше (приблизительно 0,002%).

В живой природе азот является четвертым по распространенности элементом (после углерода, водорода и кислорода). Он входит в состав белков и нуклеиновых кислот и, следовательно, присутствует в каждой клетке. А превращения азотистых веществ служат источником энергии для некоторых групп почвенных бактерий.

Естественный круговорот азота в большей степени происходит между живыми организмами, почвой и водой. Растения получают азот из почвы в форме нитрат-ионов (NO_3^-), нитрит-ионов (NO_2^-) или ионов аммония (NH_4^+) и используют его для образования белка и нуклеиновых кислот – составных частей каждой клетки. По пищевым цепям органические вещества растений поступают в тела других организмов, и в форме опада, экскрементов (мочевины) и остатков организмов азот попадает в почву, где разлагается.

В разложении азотистых органических соединений, которые постепенно минерализуются в неорганические ионы, особое участие принимают почвенные бактерии. Это, к примеру, аммонифицирующие (гнилостные) бактерии, в результате деятельности которых в почве возникают ионы аммония, и нитрифицирующие бактерии, которые образуют в почве нитрат-ионы и нитрит-ионы, тогда как денитрифицирующие бактерии способствуют разложению азотных соединений и выделению азота из почвы.

При превращениях азотистых соединений в почве происходит целая система реакций, ход которых зависит от характеристик почвы, особенно воздухообмена в ней.

Меньшая часть азота циркулирует через атмосферу. Происходит это во время гроз, когда под воздействием электрических разрядов азот соединяется с кислородом и возникают оксиды азота, которые вместе с дождем попадают в почву.

Другой путь поступления атмосферного азота в цикл обеспечивают некоторые почвенные бактерии-азотфиксаторы, например, клубеньковые бактерии, живущие на корнях растений.

Относительно небольшая часть соединений азота поступает в атмосферу в результате вулканической деятельности. Эти процессы уравниваются высвобождением азота из почвы при разложении азотистых соединений (при денитрификации).

Круговорот азота (рисунок 2.6) весьма сложен и еще до конца не изучен.

В естественный круговорот азота вмешивается человек. Он выращивает в большом количестве растения, поглощающие азот из воздуха. Значительное воздействие оказывает промышленное производство азотных удобрений (атмосферный азот при значительных затратах энергии превращается в различные азотные удобрения – нитраты, соли аммония). Они существенно повышают урожайность в земледелии, однако растения потребляют только часть удобрения, а остальное в больших дозах вымывается из почвы и попадает в воду, значительно снижая качество поверхностных и подземных вод.

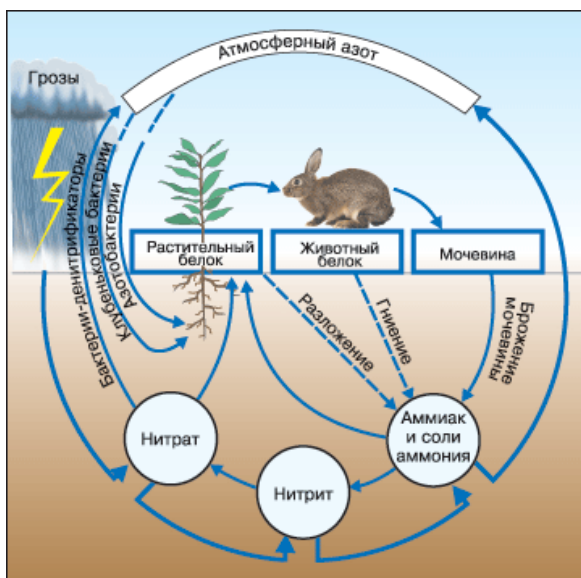


Рисунок 2.6 – Схема круговорота азота

Биогеохимический цикл фосфора

Круговорот фосфора в природе сильно отличается от биогеохимических циклов углерода, кислорода, азота и серы, так как газовая форма соединений фосфора (например, PH_3^+) практически не участвует в биогеохимическом цикле фосфора. Значение фосфора в жизни клетки и организмов очень велико: соединения фосфора входят в состав тканей мозга, скелета, панцирей. Поэтому главная роль в

биогеохимическом цикле фосфора принадлежит живому веществу и таким процессам, как питание, размножение, передвижение. Для растений наиболее доступным является фосфор неспецифических органических соединений и гумуса, и именно он играет главную роль в малом (локальном) биологическом цикле фосфора.

В почвах и породах широко распространено явление фиксации фосфора. Фиксаторами фосфора являются гидрооксиды железа, марганца, алюминия, глинистые минералы. Однако фиксированный фосфор может на 40 - 50 % быть десорбирован и использован растениями. Это зависит от условий. Повышенная кислотность среды, образование H_2CO_3 способствуют десорбции фосфора и усилению миграции фосфорных соединений.

В восстановительной среде образуются соединения фосфора с двухвалентным железом, и это тоже способствует выносу фосфора из почвы. Миграция фосфора возможна и за счет таких явлений, как водная и ветровая эрозия. Поэтому биогеохимический цикл фосфора значительно менее замкнут и менее обратим, чем циклы углерода и азота, а загрязнение окружающей среды фосфором особенно чувствительно (рисунок 2.7).

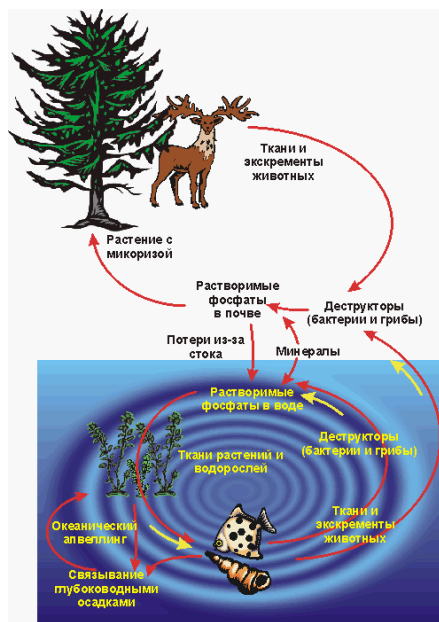


Рисунок 2.7 – Схема круговорота фосфора

Фосфорные удобрения являются важным и необходимым звеном в получении урожаев сельскохозяйственных культур, однако, известные ныне запасы месторождений фосфатов, апатитов весьма ограничены и по предсказаниям ученых истощатся через 75-100 лет.

В то же время соединения фосфатов в последнее время становятся важнейшим фактором загрязнения речных и озерных вод.

В последние 50-75 лет общая картина распределения и миграции фосфора в биосфере резко нарушена человеком. Вот составляющие этого явления:

1. Мобилизация фосфора из агроруд и шлаков, производство и применение фосфорных удобрений.
2. Производство многочисленных фосфорсодержащих препаратов и их использование в быту.
3. Производство фосфорсодержащих ресурсов продовольствия и кормов, вывоз и потребление их в зонах концентрации населения и больших городов.
4. Развитие рыбного и китобойного промыслов, добыча морских моллюсков, водорослей влечет за собой перераспределение фосфора с океана на сушу.

В итоге наблюдается процесс фосфотизации суши. Процесс этот проявляется неравномерно. Увеличивается содержание фосфора в окружающей среде больших городов, промышленных центров, и, наоборот,

Биогеохимический цикл серы

Сера является одним из элементов, играющих важную роль в круговороте веществ биосферы. Она определяет важные биохимические процессы живой клетки, является компонентом питания растений и микрофлоры. Соединения серы участвуют в формировании химического состава почв, в значительных количествах находятся в подземных водах, а это, в свою очередь, играет решающую роль в процессах засоления почв.

Биогеохимический цикл серы состоит из четырех стадий (рис.2.8).

1. Усвоение минеральных соединений серы живыми организмами (растениями и бактериями) и включение серы в состав белков и аминокислот.
2. Превращение органической серы живыми организмами (животными и бактериями) в конечный продукт H_2S .
3. Окисление минеральной серы живыми организмами (серобактериями, тионовыми бактериями) в процессе сульфатредукции. На этой стадии происходит окисление сероводорода, элементарной серы, ее тио- и тетра- соединений.

4. Восстановление минеральной серы живыми организмами (бактериями) в процессе десульфогенации до H_2S . Таким образом, важнейшим звеном всего биогеохимического цикла серы в биосфере является биогенное образование сероводорода.

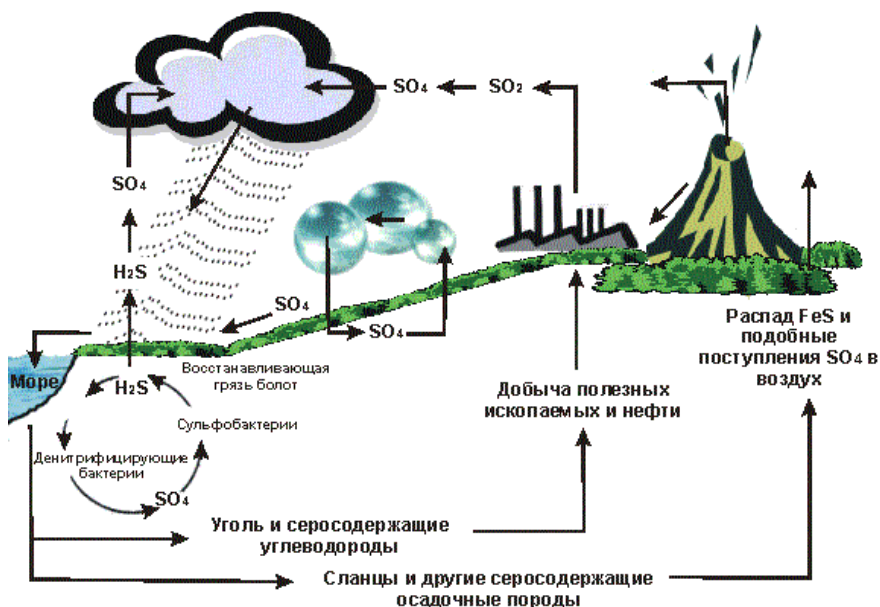


Рисунок 2.8 – Схема круговорота серы

Биогеохимический цикл кальция

Кальций обладает относительно высокой миграционной способностью, во многом определяемой особенностями климата. В гумидных условиях при активном развитии в почвах процесса выщелачивания он выносится в реки, озера, моря. Здесь кальций активно потребляется морскими организмами и накапливается после их отмирания в виде карбонатных отложений. В аридном и супераридном климате кальций выпадает из растворов в виде карбонатов, формируя мощные толщи карбонатных пород и иллювиально-карбонатные горизонты в почвах.

Кальций играет важную роль в процессах почвообразования, он входит в состав почвенно-поглощающего комплекса, участвует в обменных реакциях почвенного раствора, обуславливая высокую буферную способность почв в кислом интервале среды. Гуматы кальция играют также важную роль в формировании структуры почвы, во многом обеспечивая ее водопрочность. Кроме того, кальций активно участвует в процессах осаждения оксидов марганца, нередко образуя конкреционные образования совместно с этими элементами и кремнеземом.

В почвах кислого ряда, характеризующихся значительным проявлением процесса выщелачивания, наблюдается явление биогенного накопления кальция в подстилке и аккумулятивных поверхностных горизонтах. Обусловлено это той важной ролью, которую выполняет кальций в растительных организмах. Он входит в группу элементов - биофилов, т.е. таких элементов, которые обязательно входят в состав живого вещества и без которых существование организмов невозможно.

Размеры вовлечения кальция в биологический круговорот очень сильно различаются в разных природных зонах. Так, лесостепной растительностью (широколиственной и травянистой) ежегодно потребляется 100 кг/га кальция, а тундровой растительностью – только 8,6 кг/га. В наибольшем количестве он требуется разнотравно-типчковой растительности степей. Подсчитано, что до появления человека его потребление с приростом составляло 137 кг/га в год. Весь этот кальций возвращался в почву с растительным спадом, т.е. малый биологический круговорот кальция носил почти замкнутый характер. В настоящее время ситуация коренным образом изменилась, растительность полей выносит ежегодно только 30-50 кг/га кальция, но большая его часть отчуждается с урожаем. Но нарушение биогеохимического круговорота кальция в настоящее время происходит не только и не столько за счет отчуждения части его с сельскохозяйственной продукцией, но и за счет использования карбонатных пород в строительстве, сельском хозяйстве (известкование почв), металлургической промышленности.

Биогеохимические циклы некоторых токсичных элементов

Второстепенные для живых организмов химические элементы, также как и жизненно важные, мигрируют между организмами и средой. В естественных экологических системах они содержатся в таких концентрациях и формах, что не оказывают отрицательного влияния на организмы. В настоящее время стала весьма острой проблема токсичных веществ в связи с региональными и глобальным техногенным загрязнением биосферы. Ниже рассмотрим лишь некоторые примеры

токсичных химических элементов, оказывающих значительный отрицательный биологический эффект.

Ртуть, также как и другие тяжелые металлы, почти не влияла на организмы до наступления индустриальной эры, потому что ее концентрации в природе были невелики, а она сама химически малоподвижна. Разработка месторождений и промышленное использование ртути (в электротехническом оборудовании, термометрах, красках и фунгицидах) увеличили ее поток в экосистемы. Ртуть как чистый элемент не токсична. Превращение в токсичные органические соединения ртути, такие как метилртуть CH_3Hg и этилртуть $\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}$, происходит благодаря бактериям, присутствующим в детритах и осадках. Эти соединения легко растворимы, подвижны и чрезвычайно ядовиты. Химической основой агрессивного действия ртути является ее сродство с серой, в частности с сероводородной группой в белках. Эти молекулы связываются с хромосомами и клетками головного мозга. Рыбы и моллюски могут накапливать их до концентраций опасных для человека, употребляющего их в пищу, вызывая болезнь «Минамата».

Тяжелый металл **кадмий** представляет собой один из самых опасных токсикантов среды, он значительно токсичнее свинца. В последние 30–40 лет он находит все большее техническое применение. Его попадание в пищевые цепи связано с его промышленными выбросами в воздух и воду. Например, тонна угля содержит 2 г кадмия. Кадмий имеет свойство накапливаться в организмах животных и растений. Так, растения аккумулируют до 70% кадмия содержащегося в почве. В Финляндии, Норвегии и Швеции ветеринарные учреждения предостерегают от употребления печени, почек и легких лосей, оленей, косуль и зайцев, в связи с высоким содержанием в них кадмия.

Вследствие деятельности цинкового рудника произошло загрязнение кадмием реки Дзинцу в Японии. От хронического отравления умерло более 150 человек, болезнь сопровождалась атрофией костей всего скелета. Этот случай вошел в историю эндемических отравлений тяжелыми металлами под названием болезнь «итаи-итаи». Именно с такими словами умирали больные.

Стронций-90 и цезий-137 – продукты деления атома, имеющие большой период полураспада. Эти ранее малоизученные элементы теперь являются объектами пристального внимания в связи с их большой опасностью для человека и животных. Они попадают в окружающую среду при производстве и использовании различных источников ядерной энергии. Эти вещества активно циркулируют по пищевым цепям и накапливаются в тканях животных и растений. Это связано с тем, что стронций по свойствам похож на кальций, а цезий – на калий. По мнению

некоторых ученых в костях людей уже содержится такое количество стронция, что он может оказывать канцерогенное действие.

Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) – пестицид (*пестис* - зараза, *циде* - убиваю, *лат.*), использовавшийся, а местами используемый до сих пор в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми. В свое время его открытие было отмечено Нобелевской премией. Он малорастворим в воде и никогда не поступает в верхние слои атмосферы, при этом встречается повсюду – его обнаруживают в тканях пингвинов Антарктиды. Он в основном мигрирует по пищевым цепям, при этом в конце пищевого цикла его концентрация может увеличиться в 1000 раз. Сейчас его использование запрещено.

Диоксины – это группа веществ, в которую входят сотни видов хлор-, бром- и хлорброморганических циклических эфиров. Диоксины образуются во многих технологических процессах различных производств, включая сжигание отходов, биологическую очистку сточной воды и сгорание топлива в двигателях. Эти вещества превосходят по своей токсичности соединения тяжелых металлов и являются сильными канцерогенами. Они способны накапливаться в организме, являясь причиной многих тяжелых заболеваний.

3 СИСТЕМНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Системный подход – это новый этап в развитии методов познания мира, дополнительный к принципам механистического подхода. Он является попыткой оценить по достоинству роль целостности. *В основе системности в природе лежит ее свойство быть одновременно единым и неделимым целым и в то же время обладать свойством множественности.*

Термин «система» в переводе с греческого означает «целое, составленное из частей». Под системой понимают совокупность явлений, элементов, находящихся в определенных отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность. Различают *простые и сложные системы*.

Наиболее общей характеристикой сложных систем является *закон подобия части и целого: часть является миниатюрной копией целого, а потому все части одного уровня иерархии систем похожи друг на друга.*

Для биосистем в формулировке Мюллера и Геккеля закон подобия части и целого известен как *биогенетический закон: онтогенез (индивидуальное развитие особи) повторяет филогенез (историческое развитие вида)*. Ярким подтверждением данного закона является *эмбриогенез: развитие эмбриона повторяет формы, через которые данный*

вид прошел в процессе своей эволюции. Для человека этот закон можно, вероятно, дополнить: ноогенез (формирование мышления) каждого человека повторяет антропогенез, то есть исторический процесс формирования мыслительного аппарата всего человечества. Можно предположить, что формирование человека повторяет весь ход эволюции Вселенной.

В более общей формулировке этот закон читается как **системогенетический закон** (Реймерс): *все системы в индивидуальном развитии повторяют в сокращенной и нередко в закономерно измененной и обобщенной форме эволюционный путь развития данного вида систем.* Этому закону подчиняются, например, минералогические процессы, которые в короткие интервалы времени как бы повторяют общую историю геологического развития Земли.

Однако, подобие части и целого не означает их идентичности. Наоборот, еще в античные времена была сформулирована аксиома: целое больше суммы его частей. Сейчас она читается как *аксиома эмерджентности* (от английского слова эмердженс – возникновение, появление нового): *целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у частей-подсистем и не равно сумме элементов, не объединенных системообразующими связями.* Зачастую, исходя из свойств отдельных компонентов системы, невозможно предсказать свойства системы как целого. Например, водород и кислород, соединяясь, дают воду, совершенно непохожую на исходные газы.

Особенно сильна эмерджентность в высокоорганизованных биосистемах, таких как теплокровные животные. Здесь появляются такие непостижимые эмерджентные свойства, как образное отражение окружающего мира, психика, разум и т.п. Особенно заметны эмерджентные свойства при исследовании социальных систем, например, муравейник, пчелиный улей, птичья стая, толпа и т.п. Так птицы, объединенные в стаю, теряют частично свою маневренность (стая более массивна и неповоротлива, чем птицы в отдельности). Аналогично человек в толпе теряет часть своей свободы и позволяет увлечь себя «голосу толпы» (для выхода из толпы нужно затратить определенную энергию по преодолению системообразующей силы). Эмерджентность невозможно разложить на составляющие, ее нужно принять как данность, как нечто изначально целостное, неделимое, присущее только всей системе в целом и никакому элементу системы в отдельности.

Любая система характеризуется своей «структурой» и «поведением». **Структура** – это строение и внутренняя форма организации системы, выступающая как единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами, а также законов данных взаимосвязей. *Поведение* определяет

внешнюю сторону системы (*текстуру*), в соответствии с которой любая система может входить в качестве элемента в состав других систем более высокого уровня. Таким образом, одним из основных свойств систем является их *иерархичность* (иерархия – расположение ступенчатым рядом), в соответствии с которым любая система сама может являться элементом более общей системы, в то же время каждый элемент системы сам в свою очередь может являться системой. *Иерархичность систем обеспечивает их устойчивость и неуязвимость.*

Биосфера сложена иерархией экосистем и геосистем.

Иерархия экосистем – это функциональное соподчинение экосистем различного уровня организации в ряду: биогеоценоз – биогеоценотический комплекс – ландшафт – биом или ландшафтная провинция – природный пояс – биогеографическая область – подсфера биосферы – биосфера.

Элементарной системой в предложенной иерархии является биогеоценоз, состоящий из неорганической его составляющей (биотопа) и сообщества живых организмов (биоценоз).

Биоценотический комплекс (биокомплекс) – сочетание двух или нескольких биогеоценозов, во взаимодействии составляющих единство экологической системы второго иерархического уровня.

Ландшафт (биолокус) – территория, характеризующаяся набором типичных признаков и включающая определенный набор биогеоценозов.

По происхождению выделяют два основных типа ландшафтов – природные и антропогенные.

Природный ландшафт формируется исключительно под влиянием природных факторов и не преобразован хозяйственной деятельностью человека. Изначально выделяли следующие природные ландшафты:

- *геохимический* – обозначает участок, выделенный на основе единства состава и количества химических элементов и соединений;

- *элементарный ландшафт* обозначает участок, сложенный определенными породами, находящимися на одном элементе рельефа, в равных условиях залегания грунтовых вод, с одинаковым характером растительных ассоциаций и одним типом почв;

- *охраняемый ландшафт*, на котором в установленном порядке регламентированы или запрещены все или отдельные виды хозяйственной деятельности.

Антропогенный ландшафт – это настолько преобразованный хозяйственной деятельностью природный ландшафт, что изменена связь его природных компонентов. Сюда относятся следующие виды ландшафтов:

– *агрокультурный (сельскохозяйственный)* – растительность которого в значительной степени заменена посевами и посадками сельскохозяйственных и садовых культур;

– *техногенный*, структура которого обусловлена техногенной деятельностью человека, связанной с использованием мощных технических средств (нарушение земель, загрязнение промышленными выбросами и т. п.); сюда же входит ландшафт *индустриальный*, образующийся в результате воздействия на среду крупных промышленных комплексов;

– *городской (урбанистический)* – с постройками, улицами и парками.

Биом – крупное системно-географическое подразделение в пределах одной природно-климатической зоны.

Все биомы можно подразделить на три большие группы – наземные, пресноводные, морские.

К *наземным* биомам относятся тундра (арктическая и альпийская), бореальные хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степь умеренной зоны, тропические степи и саванны, чапарраль (районы с дождливой зимой и засушливым летом), пустыня (травянистая и кустарниковая), тропический лес.

К пресноводным экосистемам относятся озера, пруды, болота и болотистые леса.

Морские экосистемы – открытый океан, воды континентального шельфа, районы апвеллинга, эстуарии.

Природный пояс (биозона) – экосистема части биогеографической области, обычно объединяющая несколько биомов и формирующаяся на основе климата. Картографически природные пояса совпадают с физико-географическими – арктический, субарктический, тропический, умеренный и пр.

Биогеографическая область – крупное подразделение биосферы в пределах суши, океана и населенной части литосферы, возникшее в результате различного по геологической давности и условиям среды эволюционного развития живых организмов.

Подсфера биосферы – основная функционально-структурная подсистема биосферы (аэробiosфера, террабиосфера, аквабиосфера и т.д.).

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ

Одним из самых распространенных средств получения информации о состоянии экосистем при крупномасштабных антропогенных воздействиях является моделирование.

Моделирование – это разработка, исследование модели и распространение модельной информации на оригинал.

Достоинства моделирования проявляются там, где возможности традиционного подхода оказываются ограниченными.

По способу построения модели делят на два класса: *материальные* и *абстрактные*. *Материальные* модели по своей природе сходны с оригиналом. Они могут сохранять геометрическое подобие оригиналу, подобие протекания физических процессов, и могут быть природными объектами – прообразами оригинала, т.е. натурными моделями. Примером такого типа моделей могут являться гидрологические модели водотоков, макеты, искусственные заменители органов. Материальные модели используются обычно в технических целях и мало подходят для решения экологических проблем.

Более подходящими для экологического моделирования являются *абстрактные* модели, представляющие собой описание оригинала в словесной форме или посредством символов и операций над ними, отражающих исследуемые особенности оригинала. Абстрактные модели подразделяются на три типа: вербальные, схематические и математические.

Вербальные модели – формализованный вариант традиционного естественнонаучного описания в виде текста, таблиц или иллюстраций.

Схематические модели разрабатываются в виде различного рода схем, рисунков и графиков. К их достоинствам относится наглядность, информативность и простота построения (например, трофические цепи, схемы динамики и энергетики экосистем, воздействия экологических факторов).

Математические модели представляют собой математическое описание оригинала, отражающее его целостность, структуру, динамику, функционирование и взаимосвязи оригинала, внешних и внутренних факторов воздействия. Фактически математическая модель – это формула или система уравнений и неравенств.

Наиболее часто в экологии пользуются двумя видами моделирования – экспериментальным и математическим.

Экспериментальное моделирование

Для того чтобы дать надежный прогноз состояния экосистемы, необходимо изучить ее поведение за пределами нормы, в экстремальных состояниях. Для этого экспериментатору нужен модельный объект. В качестве последних могут выступать искусственно созданные человеком экосистемы.

В природе нет ни одной экологической системы, обладающей главным специфическим свойством всей биосферы – полной замкнутостью круговорота веществ. Поэтому создание экспериментальных искусственных замкнутых экологических систем позволит приблизить отдаленные последствия слабых изменений среды, выявить тонкие механизмы нарушения (или, напротив, поддержания) гомеостаза в системе, спрогнозировать возможный характер и направления эволюции таких систем.

Создание искусственных замкнутых экосистем продемонстрировали, скорее, разрушение, чем сохранение круговорота веществ и исходной структуры биоценоза, поскольку в них не обеспечивалось хотя бы приблизительное равновесие между продуцированием вещества и его деструкцией.

Пожалуй, самой грандиозной попыткой такого подхода стал экспериментальный комплекс «Биосфера-2» в Аризоне (США). Его герметизируемый объем составляет около 200 тыс.м³, в нем размещены различные биомы – тропический лес, степи, пустыни, болота, сельскохозяйственные поля и др., а также поселение из восьми человек. Закончившийся в сентябре 1993 г. первый эксперимент с двухгодовым отчуждением выявил существенные нарушения равновесия в комплексе: падение содержания кислорода в атмосфере с 21% до 15%, потребовавшее его восстановления за счет введения кислорода извне, недостаточную в сравнении с ожидаемой продуктивность сельскохозяйственных растений, гибель более 300 видов различных животных, большие потери в весе испытуемых и т.д.

По-видимому, создание готовых замкнутых экосистем путем вычленения из сложившихся естественных или искусственных местообитаний тех или иных частей сообщества вместе с элементами окружающей среды в принципе невозможно, поскольку в природе таких систем, кроме биосферы, просто нет. Вместе с тем искусственно выделенные экосистемы могут быть полезными для моделирования процессов становления замкнутости в ходе эволюции биосферы за счет ее структурной перестройки, а также процессов восстановления круговорота веществ в биосфере при нарушении ее структуры, например, антропогенными воздействиями.

Принципиально иной путь создания замкнутых систем – их искусственный синтез из небольшого числа видов (в пределе – из двух), которые смогли бы в идеале стать антиподами друг друга: «восстановитель-окислитель». При этом чем ниже уровень организации включаемых в систему видов организмов и примитивнее их требования к окружающей среде, тем больше шансов приблизиться к совмещению их массо- и энергообмена, близкой к полной замкнутости искусственной экосистемы. Имеющийся у исследователей опыт создания таких «микробиосфер» основывается на сочетании одноклеточных водорослей и бактерий. Экспериментаторы подчеркивают, что эти замкнутые микрэкосистемы могут служить удобным инструментом для исследования экологии микроорганизмов, оценки воздействия на экосистемы проникающих корпускулярных излучений и различных физических полей, изучения эволюции микрэкосистем.

«Синтетический» путь построения искусственных замкнутых экосистем не ограничивается микробным уровнем. Постановка неизмеримо более сложной задачи – создание замкнутой экологической системы для длительного жизнеобеспечения человека вне биосферы – стимулирована реальными успехами космонавтики в 50-60-е годы прошлого столетия.

В проводившихся на космических кораблях экспериментах первым регенерирующим звеном замкнутой экологической системы стала одноклеточная водоросль хлорелла. Она вполне обеспечивала одного человека кислородом и поглощала углекислоту, выделяющуюся в процессе его жизнедеятельности.

Замкнутые искусственные экосистемы, представляющие собой микромир, созданный экспериментатором, открывают интереснейшие перспективы. Скорость круговорота в них может быть увеличена в сравнении с биосферой в тысячи раз, что представляет разнообразные возможности для экспериментальной экологии и физиологии, моделирования генетико-популяционных и эволюционных процессов, прозрачной и обозримой во всех своих частях, доступной анализу и вмешательству. Включение человека в замкнутую экосистему позволяет выявить все его метаболические связи со средой, в том числе исчезающие малые, эффект которых обнаруживается только во многих циклах круговорота.

Человек, включаясь в систему своим обменом веществ, управляет экосистемой. В биосфере Земли нет аналогов этой функции. Ею никто не управляет, и ее устойчивость основана на стохастических механизмах, обеспеченных громадными размерами планеты. В малой экосистеме, включающей человека, такие механизмы становятся недостаточно

эффективными и должны компенсироваться прямым детерминированным управлением со стороны человека.

По этому признаку искусственная замкнутая экосистема – скорее, модель ноосферы, чем биосферы. В ней мы можем начать изучение и разработку алгоритма управляющей функции человека, предназначенной ему на наступающем этапе эволюции биосферы. Участие человека в управлении искусственными замкнутыми экосистемами – это основа его будущего поведения в биосфере Земли.

Частично замкнутые технологии регуляции атмосферы, воды и растительной пищи могут улучшить качество жизни в экстремальных регионах – Арктике, Антарктике, пустынях и на высокогорьях.

Математическое моделирование

Прямое экспериментирование над биосферой недопустимо из-за ее гигантских размеров и колоссальной дороговизны подобных экспериментов, а главное, из-за опасных и, возможно, необратимых последствий для самой биосферы. Поэтому математическое моделирование считается незаменимым средством получения информации о возможном состоянии биосферы и ее компонентов вследствие крупномасштабных воздействий на нее человека.

В экологии математические модели экосистем подразделяются на модели популяционного, биоценотического и экосистемного уровней.

Популяционные модели описывают особенности отдельных популяций, отражают их свойства и внутренние закономерности. Такие модели позволяют оценить динамику численности и возрастного состава популяций в зависимости от различных факторов.

Модели *биоценотического* уровня задаются как системы уравнений, отражающих динамику биоценоза как функцию плотностей составляющих его популяций.

Модели экосистемного уровня представляют собой системы уравнений, в число аргументов которых включены как внутренние переменные состояния, так и внешние факторы воздействия и целостные свойства экосистем. Модели этого уровня учитывают и роль обратных связей в функционировании систем.

Поддающиеся современному математическому моделированию крупномасштабные (катастрофические по своим последствиям) воздействия человека на биосферу не исчерпывают всех реальных угроз разрушения механизмов ее самоподдержания. Если изменения затрагивают те или иные граничные условия, обеспечивающие поддержание гомеостаза экосистемы, то со временем возможны существенные перестройки ее структуры и функции вплоть до разрушения самой экосистемы.

5 ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Экология человека – наука, изучающая общие законы взаимоотношения человека (или группы людей) и биосферы, а также влияние на человека (или группу людей) природной и социальной сред.

Основным понятием экологии человека является здоровье.

Здоровье – это способность организма к самосохранению и саморегуляции, самосовершенствованию соматического и психического статуса, а также способность человека оптимально удовлетворять свои материальные и духовные потребности.

Различают здоровье отдельного человека и здоровье человеческой популяции.

Выделить воздействие какого-либо отдельного фактора очень сложно. На живые организмы влияет комплекс факторов, каждый из которых обладает определенными количественными характеристиками, интенсивностью, диапазоном, амплитудой и длительностью воздействия. Для каждого вида существуют оптимальные условия обитания, зоны угнетения (стресса) и пределы выносливости для каждого фактора. При высокой интенсивности воздействия или длительности даже самый обыкновенный фактор может стать опасным для здоровья человека. Обычно, факторы, вредящие здоровью человека, делят на *природные* и *социально-экономические*.

На здоровье человека оказывают влияние следующие факторы:

- 1) климатические (циклоны, антициклоны, морские приливы, электромагнитные бури на Солнце и др.);
- 2) социальные (обстановка в коллективе, семье и др.);
- 3) добровольного риска (курение, алкоголизм, наркомания и др.);
- 4) качество медицинского обслуживания (скорая помощь, платное медицинское обслуживание).

Здоровье человеческой популяции характеризуется следующими показателями:

- 1) рождаемость – число рожденных детей на 100 человек населения;
- 2) смертность – количество умерших людей на 100 человек населения;
- 3) прирост населения (разница между рождаемостью и смертностью; а также разница, возникающая за счет иммиграции и эмиграции населения);
- 4) продолжительность жизни;
- 5) наследственные заболевания.

Влияние урбанизации на здоровье человека

Урбанизация – процесс распространения городского образа жизни, связанный с ростом удельного веса и ролей жителей городов, в расселении и существовании человеческого общества. Он происходит в виде роста сверхкрупных городов, с соответствующими изменениями в экологической и социальной структуре населения.

Сейчас более 1/3 населения Земли живёт в городах с численностью более 1 млн. человек. Урбанизация в целом – явление прогрессивное, т.к. в мегаполисах концентрируется промышленное производство, создаются научные, учебные и культурные учреждения, формируются благоприятные условия для труда быта и отдыха, легче решаются вопросы трудоустройства, образования, медицинского обслуживания, снабжения и быта.

В то же время мегаполисы оказывают существенное локальное воздействие на окружающую природную среду и биосферу.

I. Климатические изменения:

1. В городах среднесуточная и среднегодовая температура выше, чем на прилегающих территориях. Это обусловлено активным выделением тепла промышленными предприятиями, жилыми зданиями и другими объектами хозяйственной деятельности.

2. В застроенных районах растёт количество отражаемой солнечной энергии и поэтому растёт теплоотдача.

3. Загрязнение атмосферы и задымление воздуха ослабляет солнечную радиацию и ведёт к увеличению облачности и осадков.

II. Активное преобразование горных ландшафтов и обилие подземных коммуникаций приводит к повышению уровня экологического риска и возможности аномальных сейсмических явлений.

III. Огромное количество бытовых и промышленных отходов вызывает интенсивное загрязнение и повышенную заболеваемость населения. Значительное количество вредных животных существенно ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку.

Городской образ жизни сказывается на здоровье людей. Положительным моментом является только то, что увеличится общение между горожанами. Но жители городов ощущают дискомфорт, связанный с возрастанием ритма жизни и стрессовыми ситуациями. Ухудшение здоровья определяется плохой экологической обстановкой в мегаполисах:

1. Однообразная производственная деятельность и однотонность жилищных условий ведут к усилению нервных нагрузок и быстрой

утомлённости. Повышенная плотность населения способствует быстрому распространению вирусных и инфекционных заболеваний.

2. Загрязнение воды и воздуха в городской среде приводит к ослаблению иммунитета, поражению органов дыхания, росту числа онкологических заболеваний. Среди городского населения уровень заболеваемости этими, простудными и инфекционными заболеваниями выше, чем в сельской местности.

3. Городской образ жизни ведёт к снижению активных физических нагрузок, что ослабляет организм и повышает вероятность заболеваний сердца. Постоянные стрессы увеличивают нагрузку на ЦНС.

4. Для питания городского населения типична повышенная калорийность пищи. В тоже время сокращается доля продуктов без химических добавок и экологически чистых. В экологии относительно к здоровью человека рассматривают природные и антропогенные факторы экологического риска. В зависимости от интенсивности силы и колебаний тех или иных факторов (шум, температура, атмосферное давление и др.) могут влиять на самочувствие и работоспособность каждого человека.

6 АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Искусственные экосистемы появились на Земле около десяти тысяч лет назад, когда человек начал заниматься растениеводством и животноводством. На современном этапе развития общества человек для удовлетворения все возрастающих потребностей вынужден изменять естественные экосистемы и увеличивать тем самым долю искусственных.

Природные экосистемы существуют исключительно за счет солнечной энергии, они «работают» без затрат со стороны человека.

Антропогенные экосистемы во многом схожи с природными – саморазвитие культурных растений в период вегетации – процесс природный, он протекает за счет солнечной энергии. Но подготовка почвы, сев, уборка урожая – это энергетические затраты человека. Более того, человек меняет экосистему, что выражается в ее *упрощении*, т.е. в снижении видового разнообразия. Современное сельское хозяйство позволяет удерживать экосистемы на ранних стадиях сукцессии, добываясь максимальной первичной продукции растений. Удается добиваться высоких урожаев, но ценой больших затрат на борьбу с сорняками, на минеральные удобрения, на обработку почв и т.п.

Животноводство – это также путь к упрощению экосистемы. Выращивая сельскохозяйственных животных, человек уничтожает диких животных: хищников и травоядных – конкурентов в пище. Рыбоводство также упрощает экосистемы водоемов.

Сельскохозяйственные экосистемы (агроэкосистемы)

Агроэкосистемы создаются человеком для получения высокого урожая – чистой продукции автотрофов. Основные их отличия от природных следующие:

1. Резко снижено разнообразие видов культивируемых растений и животного населения биоценоза; видовое разнообразие разводимых животных ничтожно мало по сравнению с природным. Растения и животные, культивируемые человеком, неконкурентоспособны в борьбе с дикими видами без поддержки человека.

2. Агроэкосистемы получают, кроме солнечной, дополнительную энергию, субсидируемую человеком (в виде мускульной энергии людей и животных, работы сельскохозяйственных машин, связанной энергии удобрений, затрат на дополнительный полив).

3. Чистая продукция (урожай) удаляется из экосистемы и не попадает в цепи питания биоценоза, т.е. круговорот веществ в агроценозах отсутствует. С этим связана и неустойчивость агроценозов, т.к. что из-за постоянного изъятия урожая человеком они не в состоянии более или менее полно поддерживать круговорот веществ. Почва быстро истощается на полях, если в нее не возвращаются биогенные элементы в виде минеральных или органических удобрений.

4. Экосистемы полей, садов, пастбищ, огородов – это упрощенные системы, поддерживаемые человеком на ранних стадиях сукцессии, и они столь же неспособны к саморегуляции, как и природные пионерные сообщества, поэтому они не могут существовать без поддержки человека.

В агроценозах значительно чаще происходит чрезмерное увеличение отдельных видов, названное Ч. Элтоном «экологическим взрывом». Из истории это явление хорошо известно: так, в 40-е гг. XX века колорадский жук проник в европейскую часть России, буквально очищая картофельные поля, поскольку были мы не готовы к этому нашествию. Чтобы не происходило таких явлений, необходима искусственная регуляция численности вредителей. Поэтому в сельскохозяйственной практике человек применяет такие мощные средства для подавления численности вредителей и в таком количестве, что они воздействуют гораздо сильнее, чем природные регуляторы.

Для борьбы с вредителями используют живых организмов – паразитических или хищных насекомых, насекомоядных или хищных птиц, бактерий, вирусов и т. д. Такой метод называют *биологическим методом* борьбы с организмами.

Устойчивую регуляцию численности отдельных видов может осуществить только сложное сообщество. Если оно развивается на полях, то при этом общая продукция культурных растений несколько

понижается, так как часть ее идет в цепи питания, но зато достигается стабильность урожая, уменьшается опасность потерь из-за массового размножения вредителей. Поэтому одно из самых современных направлений в сельскохозяйственной практике – поддержание как можно большего видового богатства и в агроценозах, и в их окружении.

Упрощение природного окружения человека экологически очень опасно. Поэтому нельзя превращать весь ландшафт в агрохозяйственный, необходимо сохранять его многообразие, оставляя нетронутые заповедные участки, которые могли бы быть источником видов для восстанавливающихся в сукцессионных рядах сообществ.

Правильная организация агроценозов предусматривает сбалансированное получение сельскохозяйственной продукции и возврат ее составляющих на поля. Это достигается поддержанием высокого биологического разнообразия за счет специального планирования ландшафта: чередование полей, лугов, лесов, перелесков, создание живых изгородей, лесополос, водоемов и т. п. Большую роль в поддержании разнообразия видов на полях играет правильная организация севооборотов, чередование культур не только во времени, но и в пространстве

Индустриально-городские экосистемы

По мере роста народонаселения люди вынуждены преобразовывать естественные зрелые экосистемы в простые молодые, продуктивные (например, уничтожая тропических леса). На поддержание этих систем возрастет использование топливно-энергетических ресурсов, произойдет утрата их видового разнообразия и природных ландшафтов.

В индустриально-городских экосистемах энергия топлива полностью заменяет солнечную и расход ее на два-три порядка выше, чем в природных экосистемах. Годовая потребность человека в пище – около 1 млн. ккал, но реальные затраты энергии на душу населения в десятки раз больше (в США они в 86 раз больше). В разных странах эти затраты заметно различаются, например, в странах третьего мира они в несколько десятков раз меньше, чем в развитых странах.

Возникновение индустриально-городских экосистем было вызвано в основном процессами урбанизации. Рост численности населения и его плотности – характерная черта городов.

Общая площадь *урбанизированных территорий* Земли в 1980 г. составила 4,69 млн. км², а к 2007 г. она достигнет 19 млн. км² – 12,8% всей и более 20% жизнепригодной территории суши. К 2030 г. практически все население мира будет жить в поселках городского типа (Реймерс, 1990).

Плотность населения в крупных городах – от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч человек на квадратный километр. Известно, что на человека не действуют факторы, зависящие от плотности популяции. Но это ведет к ухудшению здоровья, к появлению болезней, связанных с загрязнением среды, делает обстановку эпидемиологически опасной и др. Человек сам создает сложные урбанистические системы, стремясь улучшить условия жизни, при этом не только просто «ограничившись» от лимитирующих факторов, но и создав для себя новую искусственную среду, повышающую комфортность жизни. Однако это ведет к отрыву человека от природной обстановки и к нарушению природных экосистем.

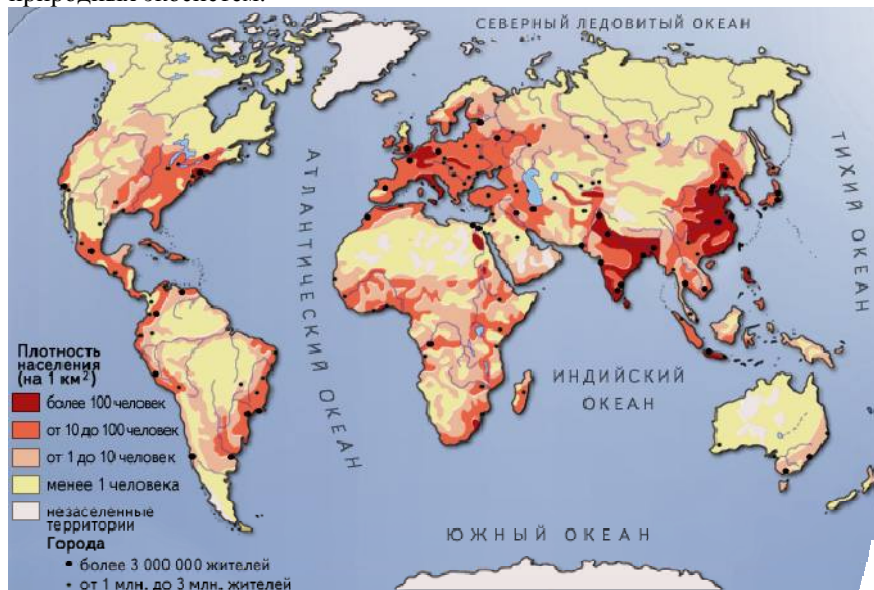


Рисунок 6.1 – Плотность населения в мире

Урбанистическая система — «неустойчивая природно-антропогенная система, состоящая из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем».

По мере развития города в нем все более дифференцируются его функциональные зоны: промышленная, селитебная, лесопарковая.

Промышленные зоны – это территории сосредоточения различных промышленных объектов – основных источников загрязнения окружающей среды.

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

Лесопарковая – это зеленая зона вокруг города, приспособленная для массового отдыха, спорта, развлечения. Внутри городов эту роль выполняют *городские парки*. В отличие от лесопарков, городские парки не являются саморегулируемыми системами.

Лесопарковая зона, городские парки и другие участки территории, отведенные и специально приспособленные для отдыха людей, называют *рекреационными зонами* (территориями, участками и т.п.).

Углубление процессов урбанизации ведет к усложнению инфраструктуры города. Значительное место начинают занимать транспорт и транспортные сооружения (автомобильные и железные дороги, метрополитен; гаражи; и др.). Транспортные системы пересекают все функциональные зоны города и оказывают влияние на всю городскую среду. Среда, окружающая человека в этих условиях, – это совокупность абиотической и социальных сред, совместно и непосредственно оказывающих влияние на людей и их хозяйство, в целом же среда городская – это часть техносферы, т.е. биосферы, коренным образом преобразованной человеком в техногенные объекты.

7 АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ

К антропогенным воздействиям относятся все виды угнетающих природу явлений, создаваемых техникой и человеком. Все техногенные воздействия делятся на:

- **загрязнения** (внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов или превышение имеющегося естественного уровня этих агентов);

- **технические преобразования** и разрушения природных систем и ландшафтов (в процессе добычи природных ресурсов, строительства и т. д.);

- **исчерпание** природных ресурсов (полезные ископаемые, вода, воздух и др.);

- **глобальные климатические воздействия** (изменение климата в связи с деятельностью человека);

- **эстетическое воздействие** (изменение природных форм, неблагоприятные для визуального и другого восприятия).

В результате воздействия на биосферу человек изменяет ее состав, нарушает круговороты и балансы веществ, изменяет тепловой баланс земного шара, структуру земной поверхности (застройка, укладка асфальта, строительство искусственных водоемов, мелиорация и т. д.),

истребляет и перемещает в новые места обитания некоторые виды животных и растений.

Загрязнения могут быть **природными** (обычно вызванные катастрофами – вулканами, селями, торнадо, цунами и др.) и **антропогенными**, т. е. вызванными деятельностью человека.

Антропогенные загрязнения делят на биологические, механические, химические, физические. Можно выделить еще одно специфическое для строительства загрязнение – визуальное или эстетическое, заключающееся в неблагоприятном изменении ландшафта путем строительства чуждых природным образованиям зданий и сооружений, производящих негативное впечатление, ухудшающих исторически сложившийся вид ландшафта, т. е. наносящий эстетический вред. Появилось даже самостоятельное направление изучения этого вида «загрязнения» – видеозология.

Физическое загрязнение может быть *тепловым* – вследствие повышения температуры из-за потерь тепла в промышленности, в жилых домах, теплотрассах и т. д.; *шумовым* – из-за превышения интенсивности шума вследствие работы предприятий, движения транспорта и др.; *световым* – вследствие превышения освещенности из-за искусственных источников света; *электромагнитным* – из-за действия радио, телевидения, промышленных установок, линий электропередачи; *радиоактивным* – из-за превышения естественного фона содержания радиоактивных веществ.

7.1 ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Состав, строение и значение атмосферы

Атмосфера – газовая оболочка Земли, является средой обитания наземных живых организмов (человека, животных и растений), поэтому ее физическое состояние и происходящие процессы и явления оказывают огромное влияние на земную жизнь и формирование условий среды. Атмосферные явления также оказывают большое воздействие на процессы, протекающие в других средах – воде, почве, и существенно влияют на физические условия в них.

Атмосфера не имеет резко выраженной верхней границы. С высотой плотность воздуха плавно уменьшается, и атмосфера постепенно переходит в межпланетное пространство. В связи с этим высоту атмосферы устанавливают весьма условно.

Масса всей атмосферы оценивается приблизительно от $5,15$ до $5,9 \times 10^{15}$ т, что примерно в миллион раз меньше массы Земли. Почти вся атмосфера сосредоточена в сравнительно тонком слое, прилегающем к земной поверхности: примерно половины массы - в слое до 5 км, 75 % – в слое до высоты 10 км и около 99 % – в слое до высоты 30 км.

Воздух представляет собой механическую смесь множества газов, в которой во взвешенном состоянии находятся разнообразные жидкие и твердые частицы (атмосферные аэрозоли). В нижних слоях атмосферы в переменных количествах обязательно содержится водяной пар. Содержание газов в воздухе принято выражать в процентах к объему чистого и сухого воздуха. В составе воздуха у земной поверхности основными газами являются молекулярный азот (N_2) – 78,08 %, кислород (O_2) – 20,95 % и аргон (Ar) – 0,93 %. В сравнительно небольшом количестве содержатся в воздухе углекислый газ (CO_2) – 0,033 %. Многие другие газы входят в состав воздуха в очень малых количествах (от тысячных до миллионных и менее долей процента). Это, например, гелий (He), неон (Ne), криптон (Kr), ксенон (Xe), радон (Rn), водород (H_2), озон (O_3), метан (CH_4), аммиак (NH_3), перекись водорода (H_2O_2), оксиды азота ($NxOy$), оксиды серы (SO_2 и SO_3), и др.

По своим физическим свойствам атмосфера очень неоднородна в горизонтальном и особенно в вертикальном направлении. В частности, изменяются такие физические свойства, как температура, влажность, плотность, давление и состав воздуха, содержание в нем аэрозолей и др.

По вертикали атмосферу разделяют на ряд слоев, существенно различающихся по тому или иному признаку: характеру изменения температуры воздуха с высотой, степени ионизации воздуха, его составу, взаимодействию атмосферы с земной поверхностью и др. Существует несколько классификаций вертикального строения атмосферы. Разные классификации используются в зависимости от конкретной цели. Наиболее часто используют классификацию атмосферных слоев **по характеру** изменения температуры с высотой. По этому признаку атмосферу делят **на пять основных слоев** (сфер): тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу (рис. 7.1).

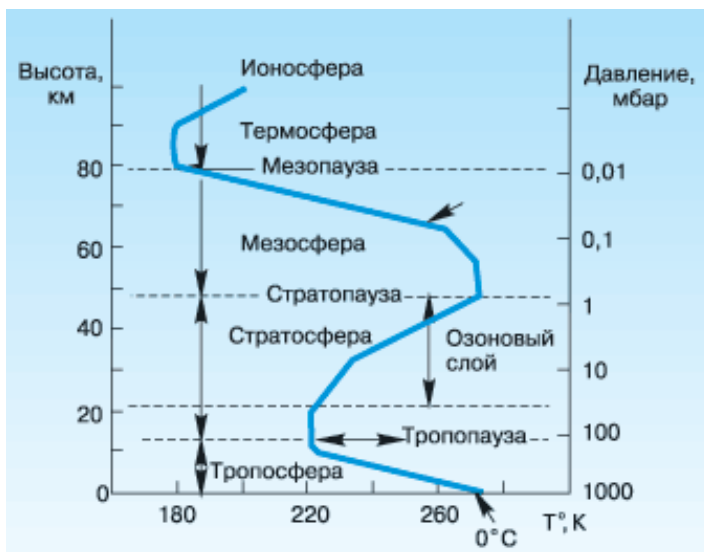


Рисунок 7.1 – Схема строения атмосферы

По характеру взаимодействия с земной поверхностью выделяют **пограничный слой** или слой трения до высоты 1,0 – 1,5 км и **свободную атмосферу**. В слое трения на движение воздуха оказывает влияние сила трения о земную поверхность и физические свойства воздуха определяются в основном взаимодействием его с земной поверхностью. Нижняя часть пограничного слоя до высоты 50-100 м называют **приземным слоем**.

Атмосфера выполняет в биосфере следующие функции:

- регулирует тепловой режим Земли;
- защищает планету от чрезмерного остывания и нагревания;
- защищает от «звездных осколков»;
- рассеивает солнечный свет и создает равномерное освещение;
- является средой, где распространяются звуки;
- перераспределяет влагу на земном шаре.

Загрязнение атмосферы

Различают **естественное и антропогенное** загрязнение атмосферы. Первое связано с проникновением в атмосферу космических частиц, вулканического пепла, пыли, образующееся при эрозии почв, пылицы

растений, морской соли, дыма лесных пожаров. Второе вызывается производственной деятельностью человека, различными видами транспорта, пылью, образующейся при земляных работах, при разгрузке и хранении сыпучих материалов (известь, мел, цемент и т.д.) без соблюдения надлежащих правил.

Все загрязнители делятся на **материальные** (пыль, шлаки, шламы, золы, газы и т. д.) и **физические**, или **энергетические** (тепловая энергия, шум, вибрация, электрические и электромагнитные поля и т.д.).

Материальные загрязнители подразделяются на **механические, химические и биологические**.

К *механическим* относятся пыль, аэрозоли и твердые частицы (металлическая пыль, стружка, опилки, шлаки, шламы, золы, выброшенные бракованные детали и т. д.).

Химическими загрязнителями являются всевозможные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой (кислоты, щелочи, эмульсии, смазочно-охлаждающие смеси, сернистый газ и т. д.).

Биологические загрязнители – все виды организмов, появляющиеся при участии человека и наносящие ему вред (бактерии, вирусы, грибки, сине-зеленые водоросли и т. д.)

Появление в атмосфере вредных примесей может приводить к различным глобальным процессам:

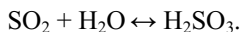
- вымывание из атмосферы кислот - «**кислотные дожди**»;
- уменьшение содержания стратосферного озона, появление «**озоновых дыр**»;
- потепление климата, вызванное накоплением в атмосфере газов, поглощающих инфракрасное излучение и препятствующих его рассеиванию, - «**парниковый эффект**»;
- **смог** в городах.

«**Кислотные дожди**». Причиной этого явления является наличие в атмосфере диоксидов серы и азота.

Основными антропогенными источниками диоксида серы (SO₂) являются процессы:

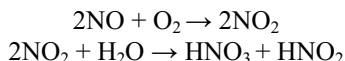
- сжигание ископаемого топлива;
- промышленное производство (прежде всего в металлургии);
- эксплуатация автомобилей (выхлопные газы).

В атмосфере происходит взаимодействие диоксида серы и воды с образованием сернистой кислоты:



Сернистый газ и сернистая кислота разрушают хлорофилл в листьях растений, в связи с этим затрудняются фотосинтез и дыхание, замедляется рост, снижается урожайность сельскохозяйственных культур, ухудшается состояние древесных насаждений. При более высоких дозах и продолжительном действии растения, особенно хвойные, погибают. Превышение кислотности почв снижает эффективность применения удобрений, угнетает наиболее ценные многолетние травы.

Аналогично ведут себя и оксиды азота, являясь частью «кислотных дождей»:



Оксиды азота поступают в атмосферу в результате:

- окисления атмосферного азота при сжигании топлива;
- эксплуатации автомобилей;
- связывания азота кислородом при электрических разрядах в атмосфере.

От кислотных выбросов страдают здания и архитектурные памятники, корродируют металлические конструкции.

Смог в городах. При большом содержании в воздухе газов и пыли (сажи) и застое воздуха над промышленными районами в связи с метеорологической инверсией (изменение температуры с высотой), сопровождающейся ростом температуры снизу вверх, образуется смог.

Происхождение этого английского слова становится видно из следующей схемы:

Smoke (дым) + fog (туман) = Smog

Различают два вида смога: зимний смог (лондонский тип, влажный) и летний смог (лос-анджелесский тип, сухой).

Метеорологической предпосылкой для зимнего смога является безветренная тихая погода. При этом слой более теплого воздуха расположен над приземным слоем холодного воздуха (ниже 700 м, приземная инверсия), движение воздуха вблизи поверхности земли почти отсутствует (менее 3 м/с). Горизонтальный и вертикальный обмен воздуха затруднен. Загрязняющие вещества, которые обычно через высокие дымовые трубы распределяются в высоких слоях и переносятся на большие расстояния, в данном случае скапливаются в приземном слое.

«Лондонским смогом» называют аэрозоль, образующийся в воздухе из капелек $\text{SO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ вместе с твердыми частицами не полностью сгоревших веществ. Капли $\text{SO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ формируются в результате реакции:

$$x \text{H}_2\text{O} (\text{г}) + \text{SO}_2 = \text{SO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$$

Концентрации оксидов серы, взвешенных твердых частиц и оксида углерода могут быстро достигать опасных для здоровья человека уровней

и приводить к нарушению дыхания, раздражению слизистых оболочек, расстройству кровообращения, а нередко к смерти.

Летний смог называют также **фотохимическим смогом** – это вторичное загрязнение воздуха, возникающее в результате разложения загрязняющих веществ солнечными лучами, особенно ультрафиолетовыми.

Основной вклад в формирование фотохимического смога вносят оксиды азота (NO_x) и озон (O_3), дополнительными составляющими являются оксид углерода (CO), перекись ацетилнитрата (главный видимый компонент смога), углеводороды, основным источником которых являются автомобили.

Существенным антропогенным фактором является усиление **«парникового эффекта»** атмосферы из-за накопления в ней углекислого газа, а также ряда других газов, составляющих малые примеси к атмосферному воздуху (метан, оксиды азота, фреоны и тропосферный озон).

«Парниковый эффект». Задержка тепла атмосферой - нормальный процесс, происходивший и до появления человека на Земле. Суть этого процесса в том, что примерно 30 % энергии, идущей от Солнца, **отражается** от облаков, от частиц, содержащихся в атмосфере, от поверхности Земли. Остальные 70 % **поглощаются** облаками и поверхностью Земли. Поглощенная энергия переизлучается Землей и атмосферой уже в **инфракрасном (ИК) диапазоне**. Большая часть ИК-переизлучения, однако, задерживается **парниковыми газами** и облаками и возвращается к поверхности Земли. Так возникает **«парниковый эффект»**.

Роль парниковых газов играют второстепенные компоненты атмосферы CO_2 , CH_4 , NO_x , тропосферный озон и хлорфторуглероды. Главным является CO_2 , поскольку, во-первых, его доля в атмосфере несколько больше долей других парниковых газов (хотя в целом, напомним, относительно невелика – 0,03 % от всех газов, составляющих атмосферу), а во-вторых, именно для CO_2 в настоящее время наиболее интенсивно увеличивается концентрация в результате прежде всего сжигания человеком ископаемого топлива и вырубки лесов.

Диоксид углерода задерживает половину тепла в атмосфере, однако у него есть конкурент – метан (CH_4) – гораздо более эффективный поглотитель инфракрасного излучения (хотя и содержащийся в атмосфере в существенно меньших количествах). Концентрация CH_4 в атмосфере начала возрастать примерно 300 лет назад, а в последние 100 лет резко увеличилась.

Источником появления в атмосфере метана в значительных количествах являются возделывание риса, сжигание биологических отходов, утечка газа при добыче угля и нефти и др.

По прогнозам некоторых ученых, потепление климата, вызываемое метаном, может в ближайшем будущем сравняться по величине с потеплением, обусловленным накоплением в атмосфере CO_2 .

Антропогенное воздействие на озоновый слой. Озон (O_3) активно поглощает ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) Солнца, т. е. является защитным экраном от этого жесткого излучения, опасного (губительного) для всего живого в биосфере. Озон содержится в стратосфере в слое от 10 до 55 км, этот слой называют **озоносферой**. Максимум содержания озона приходится на высоту 20–25 км.

Если весь озон атмосферы сконцентрировать у земной поверхности привести к нормальным условиям, то образовался бы слой толщиной **всего 3 мм**. В реальной жизни этот слой испытывает большие пространственные и временные колебания.

Озоновый слой может быть нарушен при воздействии хлорфторуглеродов (ХФУ), которые широко используются как хладагенты в холодильниках, как пенообразователи в огнетушителях. Стратосферный озон защищает живые организмы от губительного влияния УФ-излучения, снижение его содержания может иметь губительные последствия для биосферы.

7.2 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ

Распределение воды в биосфере

Гидросфера – водная оболочка планеты, состоит из вод океанов, морей, озер, рек, болот, снежников, ледников подземных вод, а также вод атмосферы и живых организмов. Ученые оценивают объем вод Мирового океана 1370 млн. км^3 , подземных вод - в 60,0 млн. км^3 (в толще до 5 км), льдов и снежников - в 24 млн. км^3 , поверхностных вод суши - в 0,3 млн. км^3 , в атмосфере содержится 0,014 млн. км^3 , а в живых организмах - 0,05 тыс. км^3 . Всего 2 % от общих ресурсов гидросферы составляют пресные воды. Основные запасы этих вод сосредоточены в полярных шапках льда. Наибольшая глубина океана составляет 11022 м (Марианский желоб в Тихом океане). Предполагают, что в жидкой фазе вода присутствует в недрах только до глубин 10-12 км, глубже она находится в парообразном и химически связанном состоянии; в атмосфере вода встречается до высоты 10-18 км, причем с высотой количество влаги

резко снижается; в Антарктиде мощность ледяного покрова достигает 4 км.

Вода обладает большой теплоемкостью, является хорошим растворителем и участвует в биологическом круговороте веществ. Для многих живых организмов она служит средой обитания. Моря и океаны накапливают тепло, поглощая энергию Солнца, определяют климат и изменение погоды.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, так как к простому явлению физического испарения добавились более сложные процессы, связанные с жизнедеятельностью живых организмов. В глобальный круговорот воды (гидрологический цикл) в биосфере входят три основных потока: осадки, испарения, влагоперенос. Поверхностный сток и поток грунтовых вод поступают с суши в океан. В атмосферу вода возвращается, испаряясь. Значительный вклад в этот процесс вносит физиологическое испарение воды растениями – **транспирация**.

Дефицит воды во всем мире, и в РФ в частности, связан с неравномерным распределением водных ресурсов. На территории, например, Азовско-Черноморского и Каспийского бассейнов (9 % общего речного стока), размещено 65 % производственного потенциала РФ и проживает 80 % населения. На сибирские реки, протекающие по наименее населенным и освоенным регионам, приходится более половины годового стока РФ в Ледовитый океан, на южные и западные районы страны – 18 % всех видов водных ресурсов.

Количество воды в поверхностных водоемах постоянно уменьшается, но уровень Мирового океана повышается на 1,2 мм в год. Причинами этого является вырубка лесов, осушение болот, «парниковый эффект».

Основными причинами возникновения водного дефицита и сокращения эксплуатационных ресурсов воды стали расточительство и загрязнение поверхностных и подземных вод. Кроме того, в процессе промышленного и сельскохозяйственного производства человек изменяет химический состав исходных естественных веществ, создавая химические соединения, не встречающиеся ранее в природе (ксенобиотики). В природную среду все время поступает не только отходы производства, но и различные элементы, входящие в состав продукции. В природе водоемы загрязняются опавшей листвой деревьев, взвешенными частицами, образующимися во время бурных паводков, отмирающей водной растительностью. Загрязнители естественного происхождения довольно быстро биологически разлагаются и всегда присутствуют как нормальные

компоненты экосистемы. Однако природные экосистемы не подготовлены к переработке и биохимическому разложению техногенных загрязнителей.

Загрязнение водных ресурсов

Различают следующие виды загрязнений природных вод: минеральное, органическое, биологическое, тепловое, радиоактивное, твердыми отходами (мусором).

Минеральное загрязнение воды развивается при оврагообразовании, при абразии (лат. abrasio - соскабливание, разрушение берегов, морей, озер, волнами) берегов морей, рек, озер, при водной эрозии поверхности земли. В водоемы поступают песок, глина, ил, вследствие чего они мелеют, а также минеральные соли, кислоты и щелочи.

Органическое загрязнение вод вызывают нефть, бензин, масла, органические соединения, различные растительные и животные остатки. Источниками такого загрязнения служат автопредприятия, нефтяная и газовая промышленность, сточные воды кожевенной, целлюлозно-бумажной, мясомолочной, консервной и легкой промышленности, предприятия строительной индустрии, практически все виды транспорта, остатки растений, растительного масла, остатки живого вещества и др.

Биологическое загрязнение возникает под действием бактерий, вирусов и грибов, при зарастании водоемов водорослями, при попадании в водоемы коммунально-бытовых вод, стоков кожевенных предприятий, боен, животноводческих комплексов и т. д. Такое загрязнение нередко становится причиной развития инфекционных заболеваний.

Тепловое загрязнение появляется при использовании воды в качестве охладителя. При повышении температуры снижается содержание в воде кислорода, что ведет к размножению анаэробных бактерий, выделению сероводорода, метана и других ядовитых веществ, отравляющих все живое. Тепловое загрязнение усиливает биологическое.

Радиоактивное загрязнение вызывается испытаниями ядерного оружия, радиоактивными отходами предприятий и атомных электростанций, использующих речную воду в качестве охладителя реакторов. Захоронение радиоактивных отходов в океанических впадинах является причиной радиоактивного загрязнения вод океана.

Загрязнение **твердыми отходами** (мусором) может быть результатом деятельности различных предприятий. Простейшие животные и микробы используют многие отходы в пищу и перерабатывают небольшое их количество. Стекло, пластмассы, дерево, резина и некоторые другие вещества не поддаются разложению.

7.3 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ

Земельные ресурсы

Литосфера – твердая оболочка Земли, различается по составу и строению на материках и океане. Мощность литосферы 50–250 км, в том числе земной коры до 50–75 км на суше (29,2 % поверхности Земли) и 5–11 км на дне океана.

Верхние слои литосферы мощностью 2-3 км (по некоторым данным – до 8,5 км) называют **литобиосферой**. В состав биосферы входит только верхняя часть земной коры, т. к. с глубиной нарастает температура земных недр. Живые бактерии выявляются в подземных водах с температурой до 100°C, хотя наиболее активная жизнедеятельность ограничена примерно 80°C, предельная концентрация минеральных солей 270 г/дм³. При глубоком бурении в Поволжье и Западной Сибири активная и разнообразная по составу анаэробная микрофлора была найдена на глубине 1-3 км, а иногда и глубже.

Первоосновой всех форм растительных и животных организмов на суше является почвенный покров.

Почва – верхний слой суши, образовавшийся под влиянием многообразных физико-химических и биологических процессов, имеет постоянный обмен веществ и находится в состоянии подвижного равновесия с окружающей средой, служит общепланетарным аккумулятором и распределителем энергии прошедших через фотосинтез растений, удерживающим в биосфере важнейшие элементы – углерод, азот, фосфор, калий, серу, кальций и др.

В почве сложным образом взаимодействуют следующие основные компоненты:

- минеральные частицы (песок, глина), вода, воздух;
- отмершее органическое вещество (детрит);
- живые организмы, разлагающие детрит до гумуса.

Почва является **биоценозой** системой, основанной на динамическом взаимодействии между минеральными компонентами, детритом, детритофагами и почвенными организмами. Поверхностные слои почвы обычно содержат остатки растительных и животных организмов (детрит), разложение которых приводит к образованию **гумуса**, количество которого определяет плодородие почвы.

Процесс образования почвы протекает со скоростью 0,5-2 см в столетие, на образование пахотного слоя мощностью 18-25 см нужно от 2 до 8,5 тыс. лет.

Эрозия почв

Под влиянием природных процессов и хозяйственной деятельности человека происходит механическое разрушение почвы – **эрозия** (от лат. «erosio» - разрезание) и **физико-химическое загрязнение** почв.

На интенсивность процессов эрозии почв влияют климат, рельеф местности и характер растительности. Естественная геологическая эрозия протекает медленно и формирует в течение длительного времени поверхность Земли, не оказывая отрицательного влияния на плодородие почвы. Большой вред почве наносит антропогенная эрозия, которая идет ускоренными темпами. Различают водную и ветровую эрозию.

Водная эрозия развивается там, где местность имеет волнистый рельеф, естественный растительный покров разрушен, часто выпадают ливневые дожди или очень быстро тает снег. Эрозия развивается в тех случаях, когда распаиваются легкие почвы, не соблюдается чередование культур на поле, распашка производится, не поперек, а вдоль склона и т.д. Причиной возникновения промоины может стать небольшая яма на склоне, выкопанная для добычи глины, гравия или песка, колея телеги, трактора или автомобиля, проложенная вдоль склона. Водная эрозия особенно сильно проявляется весной, когда по лишенной растительности поверхности почвы текут талые и дождевые воды.

Ветровая эрозия или **дефляция** характерна для степных районов, где часто дуют сильные ветры. Она заключается в выдувании, переносе и отложении мельчайших почвенных частиц. Ветровой эрозии подвергаются участки с распыленными бесструктурными почвами, утратившие растительный покров. Скорость ветра при пыльных или черных бурях достигает 35 м/с, при этом в воздухе поднимается огромное количество почвенных частиц и с больших площадей сносится почвенный слой. Сильно страдают почвы от ветровой эрозии при добыче полезных ископаемых открытым способом, строительстве различных объектов, прокладке дорог и коммуникаций, когда уничтожается естественный растительный покров. Эрозия превращает цветущие земли в пустыни. Разрушение почвы процессами эрозии приводит к сокращению пашни, сенокосных угодий и пастбищ, и увеличению площади неудобий. В результате изменяются состояние и структура сельскохозяйственных угодий.

Кроме уже указанных выше, причинами эрозии является также бесконтрольная вырубка лесов, неумеренный выпас скота, неправильные методы земледелия.

Загрязнение почв

В нормальных естественных условиях все процессы, происходящие в почве, находятся в равновесии. В почве постоянно идут процессы самоочищения, когда населяющие почву организмы стремятся переработать попадающие в нее загрязнители – в 1 см³ здоровой почвы содержатся миллионы микроорганизмов, но способность ее к самоочищению не безгранична и при интенсивном загрязнении может быть утрачена.

Значительный ущерб почве наносит загрязнение от химических и нефтеперерабатывающих и теплоэнергетических предприятий, транспорта, коммунальных предприятий, химизации сельского хозяйства.

Наиболее губительное влияние оказывают кислотные осадки (кислотные дожди), разрушающие структуру почвы, губящие микроорганизмы, а также тяжелые металлы - свинец, ртуть, цинк, кадмий, селен, марганец и др. Ртуть попадает в почву от пестицидов и промышленных отходов. Свинец поступает от автотранспорта, от промышленных отходов. Из каждой тонны добытого свинца около 25 кг попадает, в почву, поэтому вблизи автодорог на расстоянии до 200 м содержание свинца в 25-30 раз выше, чем в обычных районах. У перекрестков улиц больших городов содержание свинца в 200-300 раз превосходит фоновое, и эта цифра неуклонно растет.

От жилых домов и бытовых предприятий в последние годы в почву все больше попадает строительных отходов, фекалий, пищевых отходов; при реконструкции – строительного мусора. Промышленные предприятия перекачивают в хвостохранилища, шламовые пруды, накопители солей цветных и тяжелых металлов, цианиды, соединения мышьяка и т. д. Теплоэнергетические предприятия выбрасывают в воздух оксиды серы, азота, золу, которые с дождем попадают в почву. В верхних горизонтах почвы происходит постепенное накопление токсичных веществ.

При повышении содержания легкорастворимых солей (карбонат натрия, хлориды и сульфаты) почвы становятся засоленными, в результате угнетается рост или погибают сельскохозяйственные растения. Засоленность почв также проявляется в результате бессистемного полива при отсутствии дренажа, орошения минерализованной водой, выпадения осадков с солью.

С эрозией почвы борются путем использования организационно-хозяйственных мероприятий (безопасное в эрозионном отношении использование земель, использование полей севооборотов и защитных лесных насаждений и др.); агротехнических (уменьшение водной эрозии вспашкой поперек склона и др.); лесомелиоративных (создание защитных, водорегулирующих и других лесных полос и массивов); гидротехнических мероприятий (устройство водозадерживающих валов, террас, нагорных

каналов, искусственных водоемов, противоселевых дамб и др.). Большую полезную и водорегулирующую роль играют защитные лесные насаждения – ветроломные и водорегулирующие, плотные, продуваемые или ажурные.

С загрязнением почв нужно бороться путем исключения поступления этих загрязнений, создания безотходных технологий, утилизации существующих и новых отходов, конструирования производств с замкнутым циклом. В нашей стране только 5 % земель пригодны для использования без специальных мелиоративных работ: осушения, орошения, известкования, гипсования, борьбы с эрозией и др. Мелиорация земель является действенным средством влияния на экосистемы и природу, особенно на связи в природе. Поэтому мелиоративные мероприятия должны осуществляться после изучения отдаленных последствий с большой осторожностью.

Средством возвращения земель в сельскохозяйственный оборот, сохранения угодий, особенно после разработки полезных ископаемых в местах складирования выработанных пород, золоотвалов, шламовых насыпей, является их рекультивация.

При **рекультивации земель** выделяют два этапа: **технический** и **биологический**.

Первый этап (*технический*) начинается со снятия и складирования плодородного слоя. Мощность снимаемого слоя специалисты определяют на местности или по почвенной карте. Почвенный слой снимают бульдозером и помещают в бурты, которые хранятся до окончания строительства или других работ. Чтобы почва не раздувалась и не размывалась в период хранения, бурты засевают бобовыми травами - клевером, люцерной и т. д. После окончания строительства проводят планировку свободной от застройки территории, а затем на выровненную поверхность наносят ранее снятый почвенный слой.

Второй этап (*биологический*) рекультивации земель включает внесение удобрений, орошение, посев многолетних трав, сельскохозяйственных культур, посадку деревьев и кустарников. Биологическая рекультивация делится на лесную и сельскохозяйственную. Под сельскохозяйственную используются плодородные земли, а под лесную – малопродуктивные.

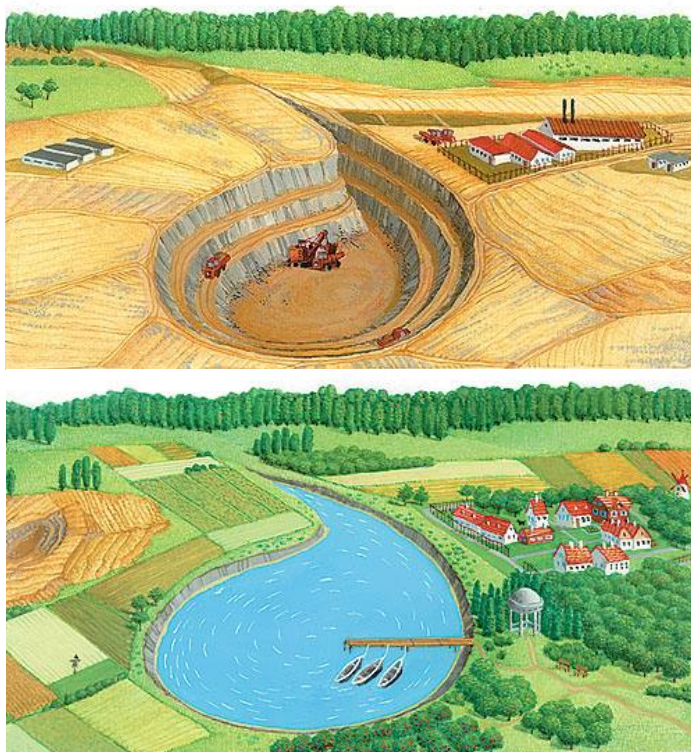


Рисунок 7.2 – Рекультивация земли после добычи железной руды

Согласно существующему положению о рекультивации земель, предприятия и организации, осуществляющие все виды строительства, которые приводят к нарушению почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на рекультивируемые земли, а при экономической целесообразности – малопродуктивные угодья. В обязанность этих предприятий входит также приведение земель после окончания всех работ в такое состояние, которое позволит использовать их в сельском хозяйстве.

8 ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Классификация и принципы функционирования особо охраняемых природных территорий

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – это участки суши или водной поверхности, которые в силу своего природоохранного и иного значения полностью или частично изъяты из хозяйственного пользования и для которых установлен режим особой охраны.

Эти территории предназначены для поддержания экологического баланса, сохранения генетического разнообразия, наиболее полного отражения биогеоценотического разнообразия биомов, изучения эволюции экосистем и влияния на них антропогенных факторов, а также для решения различных хозяйственных и социальных задач. Еще одной причиной создания ООПТ является сохранение природных ресурсов, признаваемых основными на определенной территории. Именно по этой причине были созданы проекты первых сибирских заповедников – Баргузинского, Алтайского – в связи с необходимостью поддерживать воспроизводство соболя, истребленного в конце XIX века.

Режим особо охраняемых природных территорий охраняется Законом. За нарушение режима законодательством Российской Федерации установлена административная и уголовная ответственность. Проведенные научные исследования и накопленный мировой опыт использования статуса особо охраняемых территорий свидетельствуют о необходимости значительного увеличения их площади в нашей стране в ближайшие десятилетия.

Значение ООПТ не исчерпывается только сохранением биоразнообразия. Эти территории являются необходимым нравственным критерием готовности населения к стабильному и последовательному развитию. Информация о составе флоры и фауны ООПТ, их состояние имеют большое воспитательное значение. Особо охраняемые территории обладают патриотической, естественно-научной, культурной, образовательной и духовной ценностью.

В большинстве зарубежных стран наибольшее распространение получили ООПТ, которые рассматриваются как товар, который можно предложить потребителю. Такими потребителями выступают, например, туристы, которым предлагается своеобразное «восьмое чудо света» – нетронутые участки с большим (или уникальным) биоразнообразием. К таким участкам можно отнести заповедник «Столбы» в Красноярском крае, природный музей «Томская писаница» в Кемеровской области, водопады на р. Шинок в Алтайском крае.

Признание за территориями *экологической значимости* выдвинуло новые стимулы образования ООПТ. В этом ракурсе за определенными территориями признается исключительная биосферная глобальная роль на планете. Экологическую значимость оценивают специалисты не только отдельной страны, но и мирового сообщества в рамках программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». В 1998 г. в г. Верлитце была принята Сельвийская стратегия для биосферных резерватов, согласно которой ООПТ должны выполнять три взаимодополняющих функции:

- 1) сохранение генетических ресурсов, биологических видов, экосистем и ландшафтов;
- 2) содействие устойчивому социально-экономическому развитию;
- 3) научно-техническое обеспечение поддержки демонстрационных проектов, экологического образования, проведения исследований и мониторинга разного уровня.

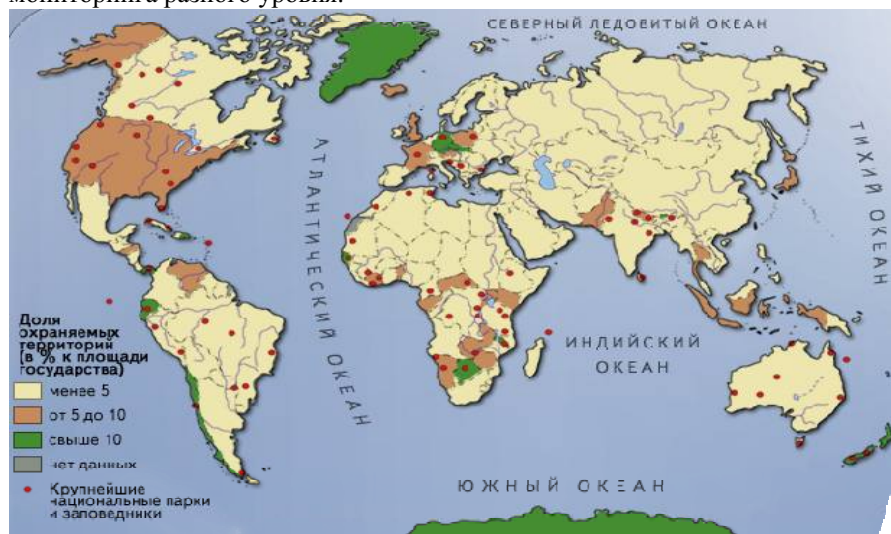


Рисунок 8.1 – Охраняемые территории мира

Согласно Сельвийской стратегии, сглаживаются противоречия между хозяйственным освоением и сохранением биоразнообразия отдельных территорий. ООПТ должны стать не только средством, позволяющим населению, живущему на их территории, развиваться в равновесии с природной средой, но и будут способствовать удовлетворению потребностей общества, способствуя переходу на путь устойчивого развития.

В России федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях», принятый в 1995 г., устанавливает следующие формы ООПТ:

- а) государственные природные заповедники, в том числе биосферные;
- б) национальные парки;
- в) природные парки;
- г) государственные природные заказники;
- д) памятники природы;
- е) дендрологические парки и ботанические сады;
- ж) лечебно-оздоровительные местности и курорты.

Помимо этого, субъекты РФ имеют право вводить свои, дополнительные формы ООПТ. Так, например, в Новосибирской области введены такие формы, как «типичные и редкие ландшафты», «государственные защитные лесные полосы», «нересто-охраняемые полосы», а также «водно-болотные угодья, имеющие международное значение», в Алтайском крае – «микрозаповедники», «микрозаказники», «биологические станции», «зеленые зоны», «лесные полосы по берегам нерестовых рек», «городские леса», «городские парки».

Принципы размещения ООПТ должны отражать графическую зональность и исходить из природного районирования. Поэтому наиболее эффективным для сохранения биоразнообразия является создание ООПТ во всех природных зонах. С другой стороны, при составлении мероприятий по охране принцип группирования ООПТ должен отражать административное деление территории. Вопросы создания трансграничных охраняемых территорий до сих пор не получили правового обеспечения и являются пока лишь предметом составления протоколов о намерениях, хотя для выполнения важнейших функций сохранения биоразнообразия такие территории должны обязательно существовать. Для Алтайского края возможности создания трансграничных ООПТ имеются на Салаире, где непосредственно смыкаются границы заказников Алтайского края и Кемеровской области.

Доля площадей, занятых ООПТ в различных странах, варьирует в широких пределах. Например, в Монголии около 20% от всей территории занимают особо охраняемые природные территории. Причина большого количества площадей, занятых ООПТ, здесь кроется не в стремлении сохранить биоразнообразие, а в получении дивидендов от международных природоохранительных организаций.

В России на 2006 г. общая площадь особо охраняемых природных территорий федерального, регионального и местного значения составляет с морской акваторией – 210 101,2 тыс. га. Охраняемая площадь суши –

200 255,7 тыс. га, что составляет 11,7 % от территории России. В различных регионах России доля охраняемых территорий также различна. Так, в Кемеровской области, не смотря на мощное развитие горнодобывающей отрасли и чрезвычайно тяжелую экологическую ситуацию, площади ООПТ составляют 15 % от общей территории, а в Алтайском крае, где природные экосистемы менее нарушены – около 6 %. Однако полнота представленной флоры и фауны в разных формах ООПТ в Алтайском крае выше, чем в Кемеровской области.



Рисунок 8.2 – Особо охраняемые территории в России

Основные формы ООПТ

Государственные природные заповедники – наиболее охраняемые участки территории – это территории, которые полностью изъяты из обычного хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса. По Ф.Р. Штильмарку, заповедник есть «территория, на которой люди сознательно и добровольно прекращают всякую свою деятельность, всякое вмешательство в природные процессы, чтобы сравнить последствия такого заповедания с освоенными землями».

В основу природно-заповедного дела положены следующие основные принципы:

- создание в заповедниках, как своеобразных «эталонах природы, условий, необходимых для сохранения и развития всех видов животных и растений;
- поддержание экологического равновесия ландшафтов путем охраны природных экосистем;
- возможность изучать эволюцию природных экосистем, как в региональном, так и в более широком биогеографическом плане; решать многие аутэкологические и синэкологические вопросы;
- сеть заповедных объектов должна отображать широтно-меридиональные, а в горных регионах – высотные закономерности распространения экосистем;
- включение в сферу деятельности заповедников социально-экономических вопросов, связанных с удовлетворением рекреационных, краеведческих и иных нужд населения.

Заповедники рассматривают и как природные комплексы, изъятые из хозяйственного оборота, и как научно-исследовательские учреждения, выполняющие научные, охранные, культурно-просветительские и иные функции.

Первый общегосударственный российский заповедник – Баргузинский был создан на Байкале 11 января 1917 г., сотый по счету – «Эрзи» в Республике Ингушетия создан в декабре 2000 г. На начало 2006 г. в России насчитывалось 100 государственных природных заповедников общей площадью 33,7 млн. га (из них морская акватория 6,14 млн. га.), что составляет 1,6% территории России,

Самые крупные из них – Таймырский и Усть-Ленский, площадь каждого из них превышает 1,5 млн га. Уникальны по разнообразию растительного и животного мира нетронутые человеком уголки природы в Тебердинском, Алтайском, Кроноцком (Камчатка), Воронежском и других заповедниках нашей страны.

Постоянно проводится работа по созданию новых ООПТ, так например, с 2005 г. Министерство Природных ресурсов начало работу по созданию государственного природного заповедника «Кологривский лес».

В Алтайском крае существует единственный государственный природный заповедник – Тигирекский, основанный в 1999 г. с целью сохранения биоразнообразия среднегорных и высокогорных ландшафтов Западного Алтая. Занимаемая площадь – 40700 га. Планируется создать Кулундинский озерно-степной заповедник для сохранения природных экосистем Кулундинского ленточного бора и долины р. Кулунды как уникальных экосистем степного Алтая.

Многие ученые подразделяют заповедники на эталонные, сукцессионные и резерватные.

Эталонные заповедники созданы на территориях, избежавших хозяйственного освоения. Следует отметить, что на Земле таких участков практически не осталось, хотя бы потому, что ядерные испытания в середине прошлого столетия изменили радиационный фон на всем земном шаре. Это же относится к глобальному применению пестицидов, выбросам специфичных химических соединений.

Сукцессионные заповедники создаются на территориях, измененных хозяйственной деятельностью и имеющих производные экосистемы. В их научную программу в числе основных входит наблюдение за естественными и искусственными сукцессиями типичных коренных сообществ. В них возможно проведение биотехнических мероприятий в строгом научном соответствии с профилем заповедника, а также разрешен регулируемый экологический туризм, не затрагивающий основные охраняемые природные объекты.

Резерватные заповедники, кроме выполнения основной научной программы, занимаются охраной и восстановлением ценных и редких видов растений и животных, в том числе путем их разведения в неволе и полуневольных условиях. Биотехнические и регуляторные мероприятия могут включать ограниченные действия по улучшению местообитаний восстанавливаемых организмов и по их интродукции. Возможно сочетание резерватных функций с сукцессионными, но при этом экологический туризм не должен затрагивать основных объектов охраны.

Заказники – территории, созданные на определенный срок (в ряде случаев постоянно) для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса. Это наиболее распространенная форма ООПТ в России. Государственные природные заказники могут быть федерального или регионального значения. Государственные природные заказники могут иметь различный профиль, в том числе быть комплексными (ландшафтными), предназначенными для сохранения и восстановления природных комплексов; биологическими (ботаническими или зоологическими) – для сохранения и восстановления редких и исчезающих видов растений и животных; палеонтологическими – для сохранения ископаемых объектов; гидрологическими (болотными, озерными, речными, морскими) – для сохранения и восстановления ценных водных объектов и экологических систем; геологическими – для сохранения ценных объектов и комплексов неживой природы.

На 1 января 2006 г. в России существовало 69 государственных природных заказников федерального значения и более 1500 регионального.

В Российской Федерации согласно Положению о государственных природных заказниках, на территории заказников запрещена или ограничена следующая деятельность: распахка земель, рубки главного пользования (иногда и иные виды рубок), сенокошение, выпас скота, заготовка и сбор ягод, грибов, орехов, плодов, семян, лекарственных и иных растений, охота, рыболовство, сбор зоологических, ботанических и минералогических коллекций, строительство зданий и дорог и других технических объектов.

Каждый государственный природный заказник должен обозначаться на местности предупредительными или информационными знаками по периметру его границ.

Для организации заказника прежде всего необходимо определить задачи, которые он будет решать. Поскольку заказники обычно создаются на определенное время, то указывается срок заказывания использования природного ресурса. По истечении срока может проводиться перерегистрация заказника. Если со временем необходимость в заказнике отпадает, земли возвращаются в русло их традиционного использования.

В Алтайском крае насчитывается 34 заказника, все они регионального уровня. Первоначально они создавались исключительно как охотничьи, но в последующем статус их был повышен, и большинство заказников стали комплексными с довольно однотипным режимом охраны. Следует отметить, что охрана заказников на территории края производится неудовлетворительно, во многих районах население даже не подозревает, что на территории их района находится заказник.

Национальные парки – одна из новых форм охраны и использования природных экосистем. *Национальные парки* – это относительно большие природные территории и акватории, где обеспечивается выполнение трех основных целей: экологической (поддержание экологического баланса и сохранение природных экосистем), рекреационной (регулируемый туризм и отдых людей) и научный (разработка и внедрение методов сохранения природного комплекса в условиях массового допуска посетителей). В национальных парках есть и зоны хозяйственного использования.

Государственная система национальных парков Российской Федерации начала формироваться более 20 лет назад, первые национальные парки «Сочинский» и «Лосиный остров» образованы в 1983 г. По состоянию на начало 2006 г. в Российской Федерации имелось 35 национальных парков общей площадью 6,947 млн. га, что составляет

0,41% площади России. Наиболее посещаемые национальные парки «Сочинский» (Краснодарский край), «Куршская коса» (Калининградская область), «Алханай» (Бурятский автономный округ), «Лосиный остров» (г. Москва). На долю этих национальных парков приходится 80% организованных туристских посещений и 85% иностранного туризма в национальных парках России.

Природные парки – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с относительно мягким охранным режимом и используемые преимущественно для организованного отдыха населения. Эта категория ООПТ, как и национальные парки, также относительно новая в России. Природные парки – некоммерческие организации, финансируемые за счет бюджетных средств. По своей структуре они более просты, чем национальные природные парки.

В Российской Федерации по закону «Об особо охраняемых природных территориях» природные парки находятся в ведении субъектов, являясь природоохранными рекреационными учреждениями, территории (или акватории) которых включают в себя природные комплексы и объекты, имеющие значительную экологическую и эстетическую ценность, и предназначены для использования в природоохранных, просветительских и рекреационных целях.

Сеть природных парков в России находится в стадии формирования и насчитывает 50 особо охраняемых природных территорий (общая площадь 15 325,63 тыс. га, или 0,9% территории России). Самый крупный природный парк в России — «Русский лес» в Подмосковье. Известны также природный парк «Тургояк» в Челябинской области, на берегу озера Тургояк, Мезинский.

Памятники природы – уникальные, невозполнимые природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения, имеющие научную, экологическую, культурную и эстетическую ценность. Памятниками природы могут быть объявлены участки суши и водного пространства, а также одиночные водные объекты, в том числе: участки живописных местностей, участки с преобладанием культурного ландшафта (старинные парки, аллеи, каналы); места произрастания и обитания ценных, редких и исчезающих видов растений и животных; лесные массивы и участки леса, особо ценные по своим характеристикам, а также образцы выдающихся достижений лесохозяйственной науки и практики; уникальные формы рельефа; отдельные объекты живой и неживой природы (места гнездования птиц,

деревья-долгожители, растения причудливых форм, реликты, вулканы, холмы, валуны, ледники, водопады, гейзеры, родники, скалы, утесы, пещеры и др.). На территории, где расположены памятники природы, запрещена любая деятельность, нарушающая их сохранность.

Как и заказники, эта категория особо охраняемых природных территорий наиболее распространена на региональном уровне. На 1 января 2006 г. насчитывалось 28 памятников природы федерального значения общей площадью 28,9 тыс. га. и более 9 тыс. регионального значения общей площадью 4,15 млн. га. На территории Алтайского края в настоящее время юридически оформлено 143 памятника природы краевого значения. Среди них – о. Большое Яровое (Славгородский район), Шимолинский бор (Благовещенский район), о. Ая (Алтайский район), сопка Воструха (Советский район), место слияния рек Бия и Катунь (Смоленский район), Денисова пещера (Солонешенский район) и др. Единственным памятником природы в г. Барнауле является Свято-Никольский родник.

Использование памятников природы допускается в следующих целях:

- научных – мониторинг состояния окружающей среды, изучение природных экосистем и их компонентов;
- эколого-просветительских – проведение экскурсий, создание и обустройство экологических троп, съемка видеофильмов, фотографирование;
- рекреационных – транзитные прогулки;
- природоохранных – сохранение генофонда видов живых организмов, обеспечение условий обитания редких и исчезающих видов растений и животных, а также иных, целях, не противоречащих основной цели объявления природных комплексов установленному в их отношении режиму охраны.

В целях защиты памятников природы от неблагоприятных антропогенных воздействий на прилегающих к ним участкам земли и водного пространства могут создаваться охранные зоны с регулируемым режимом хозяйственной деятельности.

Все памятники природы и их охранные зоны обозначаются на местности предупредительными или информационными знаками по периметру их границ.

Дендрологические парки и ботанические сады – коллекции деревьев и кустарников, созданные человеком с целью сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительных целях. В дендрологических парках

и ботанических садах осуществляются также работы по интродукции и акклиматизации новых для данного региона растений.

В 2005 г. В России насчитывалось около 100 ботанических садов и дендрологических парков с общей площадью более 7,5 тыс. га. Число посетителей в них превышает 1 млн. человек в год. В Алтайском крае существует один дендрологический парк НИИС Сибири им. М. А. Лисавенко.

Лечебно-оздоровительные местности, курорты и природные лечебные ресурсы создаются для лечения и профилактики заболеваний и организации отдыха населения. В России по закону «Об особо охраняемых природных территориях», они отнесены к отдельной категории особо охраняемых природных объектов и территорий, использование и защита которых имеют свои особенности. В нашей стране санаторно-курортный комплекс профсоюзов России – крупнейший; работающие в его составе режимно-эксплуатационные службы охватывают большую часть курортных территорий и эксплуатируемых природных лечебных ресурсов.

Биосферные заповедники

В 1974 г. в рамках международной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» было введено понятие «**биосферный заповедник**», под которым понимается определенное пространство суши и вод с прилегающим слоем атмосферы, где параметры социально-экономического развития сбалансированы с критериями экологических нагрузок на окружающую среду. Официальный статус биосферная территория принимает после признания ее ЮНЕСКО согласно Положению о Всемирной сети биосферных территорий.

Цель создания биосферных заповедников – сохранение для нынешних и будущих поколений наиболее типичных экосистем и сообществ – эталонных участков биосферы, а также генетического фонда растений и животных. Выделенные районы предназначены для многолетних экологических исследований, которые должны служить базой для природоохранного просвещения и подготовки специалистов. Создание сети биосферных территорий началось в 1976 г., а в 1995 она включала уже 324 биосферные территории в 82 странах. Эти территории работают по согласованной программе ЮНЕСКО и ведут постоянные наблюдения за изменением природной среды под влиянием антропогенной деятельности.

В отличие от общепринятых видов особо охраняемых природных территорий, выполняющих преимущественно охранную функцию, организация и функционирование биосферных территорий направлены на выработку такой стратегии развития, которая сохраняла бы нетронутые и слабо измененные природные комплексы, способствовала восстановлению нарушенных природных комплексов, при условии рационального природопользования на специально выделенных участках для удовлетворения необходимых нужд населения и хозяйства.

Основное направление исследований в биосферных заповедниках – сравнение естественных экосистем с экосистемами, измененными человеком, с целью получения информации о развитии измененных экосистем, сохраняющих продуктивность в течение длительного времени. Для этого биосферные заповедники должны включать различные типы измененных территорий и состоять из центральной зоны «ядра» и расположенной вокруг нее буферной зоны.

Ядерная зона включает территории с наименее разрушенными экосистемами. В Алтайском крае в настоящее время нет биосферных территорий, однако в соседнем субъекте – Республике Алтай – насчитывается три таких объекта, ядерные зоны которых представлены объектами Всемирного природного наследия. Это Алтайский государственный заповедник с акваторией Телецкого озера, Катунский заповедник с природным парком «Белуха» и зона покоя «Укок». На этих территориях разрешается проводить только научно-исследовательские и природоохранные работы, а также научно-познавательный туризм.

Буферная зона предохраняет ядерную от антропогенного влияния. Эта зона, как правило, представлена слабонарушенными территориями с небольшой антропогенной освоенностью. Эта зона может использоваться населением для сбора грибов, ягод, лекарственных растений. В ней должны быть предусмотрены мероприятия, направленные на сохранение биоценозов, лесовосстановление, а также жесткий контроль над использованием лесных и охотничьих ресурсов. В сельском хозяйстве использование буферной территории также сопряжено с рядом ограничений, например, исключение распахки, создание временных пастбищ, ограничение сенокосов и др.

В *хозяйственной* зоне могут осуществляться некоторые виды сельскохозяйственной деятельности и размещаться населенные пункты. Для этой зоны рекомендуется снижение интенсивности использования пашен и пастбищ на нарушенных землях, применение комплекса агротехнических мероприятий по восстановлению почвенного плодородия, борьбе с эрозией. Одновременно плодородные ненарушенные

земли следует интенсивно использовать, не выходя при этом за допустимые рамки.

В некоторых случаях, при необходимости, выделяют четвертую зону – зону *санации*. В нее включаются участки с наибольшей антропогенной нагрузкой – промышленные площадки, деградированные сельскохозяйственные угодья и другие земли, требующие проведения ряда природоохранных мероприятий с целью восстановления и поддержания определенных условий окружающей среды.

Объекты Всемирного природного наследия ЮНЕСКО

В России в соответствии с законом «Об особо охраняемых территориях» объекты, которым присвоен статус Всемирного природного наследия, не относятся к особо охраняемым природным территориям. Однако уникальность и ценность для общества и природы ставят их в один ряд с территориями, которым установлен особый режим охраны. В условиях резко возрастающих глобальных изменений с середины XX века стало очевидным, насколько важно сберечь окружающую природную среду, в которой человеку необходимо сохранить связь с природой и объектами культурного достояния, унаследованными от прошлых поколений. Для выработки механизма защиты таких объектов в 1972 г. в Париже на Генеральной конференции ООН по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) была принята Конвенция «Об охране Всемирного культурного и природного наследия». По данной конвенции «каждый объект культурного и природного наследия является уникальным, и исчезновение любого такого объекта является невосполнимой утратой и безусловным обеднением этого наследия».

Согласно Конвенции к объектам природного наследия относятся:

- природные памятники, созданные физическими и биологическими образованиями или группами таких образований, и имеющие выдающуюся, универсальную ценность с точки зрения эстетики или науки;

- геологические и физиографические образования и строго ограниченные зоны, представляющие ареал исчезающих видов животных и растений и имеющих выдающуюся универсальную ценность с точки зрения науки или сохранения природных особенностей;

- природные достопримечательные места или строго ограниченные природные зоны, имеющие выдающуюся, универсальную ценность с точки зрения науки, сохранения природных черт или природной красоты.

В список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО включаются природные и культурные объекты, составляющие достояние всего

человечества и заслуживающие специального отношения, охраны и внимания мирового сообщества.

По состоянию на 1 августа 2005 г., в списке Всемирного наследия числилось 812 объектов, включая 628 объектов Всемирного культурного наследия, 160 объектов Всемирного природного наследия и 24 объекта Всемирного культурно-природного наследия. При этом впервые в Списке ЮНЕСКО стали фигурировать объекты, расположенные на территории таких стран, как Бахрейн, Республика Молдова, Босния и Герцеговина. Общее число государств, делегировавших свои объекты в список Всемирного наследия, составило 137.

В 2005 г. в список всемирного наследия были включены два российских объекта: «Исторический центр Ярославля» и «Геодезическая дуга Струве». Второй объект, – это уникальный памятник науки и техники, располагающийся на территории не только России, но и ряда сопредельных государств, а именно: Норвегии, Швеции, Финляндии, Эстонии, Латвии, Литвы, Белоруссии, Украины и Республики Молдова. Объект включает опорные точки старинной триангуляционной сети, общей протяженностью примерно 2800 км, следующей примерно вдоль 25-го градуса восточной долготы, от побережья Баренцева моря до дельты Дуная. Эта сеть была заложена в период 1816–1855 гг. под руководством известного астронома и геодезиста тех времен В.Я. Струве.

С 1995 года в список Всемирного природного наследия были включены следующие российские объекты: девственные леса Коми, озеро Байкал, вулканы Камчатки, Алтайские Золотые горы, Западный Кавказ. По количеству объектов всемирного природного наследия Россия делит 3 место с Канадой, уступая лишь Австралии (11 объектов) и США (12 объектов). По занимаемой этими объектами площади (более 20 млн. га) Россия стоит на втором месте в мире (после Австралии).

Как правило, территории, провозглашенные объектами Всемирного наследия, являются полностью или частично особо охраняемыми территориями. Так, например, озеро Байкал – целиком объект Всемирного природного наследия, однако заповедано оно лишь частично.



Рисунок 8.3 – Телецкое озеро – объект Всемирного природного наследия ЮНЕСКО

разнообразию район в горном поясе Южной Сибири, расположенный на границе России, Казахстана, Китая и Монголии. В его состав вошли Алтайский заповедник; трехкилометровая охранная полоса вокруг Телецкого озера (93,7 тыс. га), примыкающая к территории заповедника, Катунский заповедник, природный парк «Белуха», примыкающий к Катунскому заповеднику с востока и зона покоя «Укок» с режимом фаунистического заказника.

На территории Алтайского края нет территорий, имеющих статус Всемирного природного наследия. В то же время, в граничащем с ним субъекте – Республике Алтай – выделены пять таких участков, объединенных в три крупных природных ареала общей площадью немногим более 1,6 млн. га, известных как «Золотые горы Алтая». Это уникальный по своей сохранности, ландшафтному и биологическому

9 ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

К числу основных экологических проблем современного общества можно отнести следующие:

Глобальное потепление климата

Выбросы углекислого газа, метана и некоторых других газов, уничтожение лесов, изменения в землепользовании и ландшафтах увеличивают количество так называемых «парниковых» газов в атмосфере, что приводит к повышению средней температуры поверхности Земли. Явление «парникового эффекта» было рассмотрено в главе 7.

Хотя в настоящее время достоверно не определено, что увеличение средней температуры на земле является прямым следствием выбросов углекислого и др. антропогенных газов, но факт увеличения их содержания в атмосфере не подвергается сомнению. По прогнозам экспертов, если динамика потепления сохранится, то через 25 лет средняя температура на поверхности Земли может повыситься на 1,3°C, а в середине XXI века – на 2°C. В результате этого возможны таяние

ледников, повышение уровня Мирового океана, затопление обширных территорий, изменение климата и природных ландшафтов в различных регионах планеты. Однако ряд ученых видят в предполагаемом глобальном потеплении климата и положительные экологические последствия. Повышение концентрации углекислого газа в атмосфере и связанное с ним увеличение эффективности фотосинтеза, а также возрастание влажности климата могут привести к увеличению продуктивности как естественных фитоценозов, так и агроценозов. Так, для территории России и Канады потепление вызовет изменения скорее в позитивную сторону: это будет выражено в умягчении климата и более благоприятными условиями для проживания населения и выращивания сельхозпродукции.

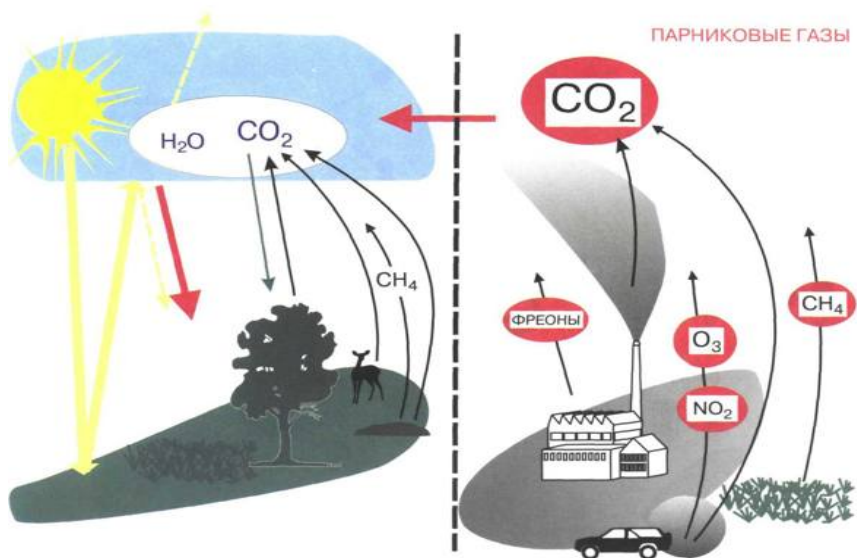


Рисунок 9.1 – Схематическое изображение процесса возникновения парникового эффекта

Сокращение озонового слоя Земли

Озоновый слой, находящийся примерно на высотах от 10 до 50 км, защищает земную поверхность от ультрафиолетовых лучей Солнца. В настоящее время достоверно неизвестно, каковы основные процессы, нарушающие озоновый слой. Предполагается, что более вероятно его исчезновение связано с выбросами в атмосферу ряда веществ, что приводит к так называемым «озоновым дырам». Наибольшие по размерам озоновые дыры на нашей планете зафиксированы над южным и северным полюсами, где они уже практически не исчезают.

К веществам, разрушающим озоновый слой, относятся хлорфторуглероды (фреоны). Они используются как охладители в холодильных установках, а также как компонент различных аэрозолей. Поднимаясь в атмосферу, фреоны разлагаются с выделением активного хлора, разрушающего молекулу озона.

Однако некоторые ученые говорят о естественном происхождении «озоновых дыр». Причины их возникновения они видят в естественной изменчивости озоносферы, циклической активности Солнца, а также с процессами дегазации Земли.

Проникающие ультрафиолетовые лучи солнца опасны для всего живого на Земле. Особенно отрицательно они действуют на здоровье человека, его иммунную и генную системы, вызывая рак кожи и катаракту. Ультрафиолетовые лучи могут уничтожить планктон – организмы, составляющие основу цепи питания в океане. Они также опасны для растительного мира на суше, в том числе для сельскохозяйственных культур. При полном разрушении озонового слоя на земле возможна гибель всего живого.

Выпадение кислотных дождей

Подробно механизм образования «кислотных дождей» изложен в главе 7. Попадая в атмосферу, диоксид серы и оксиды азота, образовавшиеся при сгорании органического топлива, могут разноситься ветром на тысячи километров от источника. При взаимодействии с атмосферной водой эти оксиды образуют слабые растворы кислот, которые могут выпадать на землю с дождем, снегом или туманом. Загрязненные осадки, называемые кислотными дождями, меняют кислотность вод озер, рек и почвы в местах выпадения и могут вызывать деградацию биоты. Воздействие кислотных дождей снижает устойчивость лесов к засухам, болезням, загрязнениям, что приводит к еще более выраженной их деградации.

Не меньшую опасность представляют и процессы, протекающие под влиянием кислотных дождей. Под их действием происходит

выщелачивание не только питательных элементов, но и токсичных тяжелых металлов. Это приводит к усвоению образующихся соединений растениями и почвенными организмами, которые накапливаются в пищевых цепях.

Сокращение площади лесов

В XX веке уничтожено около половины тропических лесов планеты. За последние 10 тыс. лет, по оценкам специалистов, на Земле сведено 2/3 лесов. В настоящее время их ежегодные потери составляют 16-17 млн. га.



Рисунок 9.2 – Гибель хвойного леса

Влажные тропические леса вырубаются со скоростью около 26 га в минуту, поэтому есть опасения, что они исчезнут с Земли через 25 лет. Вырубленные участки влажного тропического леса не восстанавливаются, на месте их образуются малопродуктивные кустарниковые формации, а при сильной эрозии почв происходит

опустынивание.

Леса вырабатывают значительную массу кислорода, играющего важную роль в обеспечении замкнутого кругооборота веществ в биосфере. Уменьшение зеленых массивов ведет к эрозии почв, сокращению видового разнообразия растительного и животного мира, деградации водных бассейнов, сокращению поглощения диоксида углерода – газа, вызывающего парниковый эффект, уменьшению количества кислорода, снижению запасов древесины, а в конечном итоге – к уменьшению потенциала жизнедеятельности человечества. Кроме того, рубка лесов приводит к сокращению водоносности рек, высыханию озер, понижению уровня грунтовых вод, при этом климат становится более засушливым континентальным, часто возникают засухи и пыльные бури.

При правильном ведении лесного хозяйства рубки на отдельных участках повторно должны проводиться не раньше чем через 80 – 100 лет. Однако во многих центральных областях России к повторным рубкам вынуждены возвращаться значительно раньше. Превышение норм вырубок приводит к существенному увеличению доли мелколиственных лесов.

Другая важная мера по сохранению лесов – это борьба с потерями древесины. Наибольшие потери происходят при заготовке древесины. На местах рубок остается много ветвей и хвои, которые могут использоваться для приготовления хвойной муки – основы витаминных и протеиновых концентратов для скота. Эти отходы перспективны для получения эфирных масел. Часть древесины теряется при лесосплаве. В отдельные годы в северные моря реками выносятся так много бревен, что в Скандинавских странах существуют специальные суда для их вылова и промышленность для их переработки. В настоящее время нерациональный сплав бревен без объединения их в плоты на крупных реках запрещен. Возле предприятий деревообрабатывающей промышленности строят заводы по производству мебели из древесноволокнистых плит.

Важнейшим условием для сохранения лесных ресурсов служит своевременное лесовозобновление. Только треть ежегодно вырубаемых в России лесов восстанавливается естественным путем, остальные требуют специальных мер по их возобновлению. При этом на половине площади достаточно только мер содействия естественному возобновлению, на другой – необходимы посев и посадка деревьев. Слабое возобновление лесов часто связано с прекращением самосева, уничтожением подроста, разрушением почвы при рубках леса и транспортировке древесины. Положительно на восстановлении лесов сказывается очистка их от растительной ветоши, ветвей, коры, хвои, остающихся после рубок.

Большую роль в воспроизводстве лесов играет осушительная мелиорация: посадка улучшающих почву деревьев, кустарников и трав. Это способствует быстрому росту деревьев и улучшению качества древесины. Продуктивность лесов повышается за счет посева многолетних трав в междурядья посадок.

Сокращение биологического разнообразия

Сейчас ежегодно исчезает 10-15 тысяч разновидностей (преимущественно простейших) организмов. Это означает, что за грядущие 50 лет планета потеряет, по разным оценкам, от четверти до половины своего генофонда, формировавшегося сотни миллионов лет. Основными причинами исчезновения видов являются:

– *нарушение среды обитания*, которое происходит в результате отчуждения земли для строительства зданий, дорог, промышленных предприятий, при открытой разработке месторождений полезных ископаемых и т.д. По данным ООН, в мире только при строительстве городов и дорог ежегодно безвозвратно теряется более 300 тыс. га земель. Кроме того, среда обитания организмов нарушается вследствие вырубки лесов, распахивки земель, осушения болот, создания водохранилищ. Так,

например, в результате строительства гидротехнических плотин на Волге полностью ликвидированы нерестилища лососевых и осетровых рыб.

– *добывание* организмов, под которым подразумевается как прямое преследование и нарушение структуры популяции (охота, изъятие некоторых растений), так и любое другое изъятие животных и растений из природной среды для различных целей.

– *интродукция* чужих видов в популяцию. Это явление часто приводит к вымиранию коренных видов из-за влияния на них завезенных видов животных и растений. Широко известны примеры негативного влияния завезенной американской норки на европейскую и бобра канадского на европейского.

– *загрязнение среды токсикантами* (пестицидами, нефтью, атмосферными загрязнителями, тяжелыми металлами).

Сокращение видового разнообразия приводит к разрыву эволюционно сложившихся пищевых сетей и к дестабилизации экологических систем, что проявляется в их разрушении и неустойчивости. Обеднение видового разнообразия организмов существенно снижает устойчивость биосферы в целом, что представляет серьезную опасность для человечества.

Деградация земель

С каждым годом нарастает физическая и химическая деградация земель, обусловленная водной и ветровой эрозией, а также антропогенным воздействием. В наибольшей степени деградируют почвы агроэкосистем, что обусловлено низким видовым разнообразием агроценозов, и, как следствие, низкой их стабильностью.

Около 70 % всех засушливых земель нашей планеты (порядка 3,6 млрд. га) уже пострадали от деградации почвы. Значительная часть этой территории превратилась в пустыню (около 1 млрд. га). Причинами опустынивания могут быть как природные, так и антропогенные факторы. Природными факторами могут быть длительные засухи, засоление почв, снижение уровня подземных вод и эрозия. Однако в большей мере на процесс опустынивания влияют антропогенные факторы – вырубка лесов, чрезмерная нагрузка на пастбища, интенсивная распашка территории, нерациональное использование водных ресурсов и др.

Особенно опасное положение сложилось в Африке, где опустыниванию способствуют длительные засухи, чрезмерная нагрузка на низкопродуктивные пастбища и интенсивная распашка территории. Все это уменьшает возможности в удовлетворении потребностей населения в продуктах питания.

Главная причина деградации окружающей природной среды заключается в ценностных установках человеческой деятельности, в соответствии, с которой природа рассматривается как средство достижения экономических целей. При этом забывается, что перспектива выживания человечества связана с гармоничным развитием природы и общества.

Для предотвращения экологической катастрофы необходимо чтобы:

- экологическое развитие осуществлялось в пределах экологической емкости территорий;

- объемы выбросов озоноразрушающих веществ и «парниковых» газов не превышали значений, за пределами которых начинаются разрушение озонового слоя Земли и глобальное потепление климата;

- объемы изъятия биологических ресурсов не превышали предельные пороговые значения, за которыми следует нарушение круговорота веществ в природе;

- антропогенные воздействия на отдельные экосистемы в целом не превышали предельные пороговые значения, за которыми начинается деградация экосистем.

10 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Алтайский край – крупный аграрно-индустриальный регион. Занимаемая им площадь составляет 168,0 тыс. км², население – около 2,7 млн. человек. Экологическое состояние природных сред в крае частично наблюдается лишь в последние 20 лет, а полно – в последние 10 лет, с момента создания государственных органов по охране окружающей среды. Однако ретроспективный анализ состояния различных сред позволяет судить о существенной их деградации за прошедшие десятилетия.

Среди наиболее существенных экологических проблем края можно выделить загрязнение атмосферного воздуха, сокращение площади лесов проблему утилизации отходов и др.

Загрязнение атмосферного воздуха в городах

Серьезной проблемой Алтайского края является загрязнение атмосферного воздуха городов. Уровень загрязнения в крупнейших городах края (Барнаул, Бийск, Рубцовск, Заринск) оценивается как высокий и очень высокий.

На рисунке 10.1 представлены предприятия, которые вносят наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха в крае.

Барнаул с 2002 г. входит в приоритетный список городов России с наибольшим загрязнением воздуха. Такой высокий уровень загрязнения обусловлен значительным объемом выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, неблагоприятными погодными условиями для рассеивания выбросов, неудовлетворительным санитарным состоянием большей части территории города, частыми автомобильными «пробками» на дорогах города. Отрицательно сказалось на качестве воздуха города и массовое уничтожение взрослых деревьев.



Рисунок 10.1 – Вклад предприятий Алтайского края в загрязнение атмосферного воздуха

Из всех определяемых примесей в большей степени воздух города Барнаула загрязнен диоксидом азота, взвешенными веществами (пылью), сажей, формальдегидом и бенз(а)пиреном и др.

Уровень загрязнения атмосферы города Барнаула диоксидом азота в среднем за год превышает значения предельно допустимые концентрации в 2 раза. Основной источник этого вида загрязнения – автотранспорт и предприятия теплоэнергетики. Часто в городе происходит значительное превышение ПДК по саже – в результате работы мелких котельных, печак в частном секторе, автотранспорта. Запыленность по городу в среднем за год составляет 1,5 ПДК, что выше средней в России и стандарта ВОЗ. Причинами высокой запыленности воздуха являются неудовлетворительное санитарное состояние, сухая уборка большей части

территории города в теплое время года и выбросы золы и угольной пыли предприятиями теплоэнергетики.

К сожалению, в последние годы намечается тенденция роста загрязнения воздуха города Барнаула вышеперечисленными компонентами.

В городе Бийске также постоянно происходит превышение предельно допустимой концентрации по таким компонентам как: бенз(а)пирен, диоксид азота, пыль, формальдегид и оксид углерода. Кроме того, часто воздух города бывает загрязнен хлористым водородом и аммиаком, источниками которых являются предприятия химической промышленности.



**Рисунок 10.2 –
Крупнейший источник
выбросов в г. Барнауле
– ТЭЦ-2**

Атмосферный воздух города Заринска характеризуется превышением среднегодовых концентраций выше ПДК по диоксиду азота, фенолу и особенно – по формальдегиду (в некоторые годы выше 5 ПДК). Такой характер загрязнений обусловлен присутствием в городе крупнейшего в стране предприятия по получению кокса – ОАО «Алтайкокс».

В целом же в последние годы в городах края наблюдается тенденция к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, происходящих без очистки.

Загрязнение водных ресурсов

Поверхностные водные ресурсы Алтайского края подвергаются сильному антропогенному влиянию. В результате сброса неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, а также от смыва ливневых и талых вод происходит сильное загрязнение водоемов. Среди основных загрязняющих веществ рек бассейна Оби можно выделить соединения азота, фенолы, соли тяжелых металлов, железо, соединения азота, нефтепродукты, хлорид натрия. По показателю загрязненности вода во многих водоемах и реках в края характеризуется как загрязненная и очень загрязненная. Нередко промышленные предприятия сбрасывают в водоемы неочищенную или плохо очищенную воду. Часто отмечаются случаи, когда содержание нефтепродуктов в стоках превышает ПДК в 100-

180 раз, органических веществ – в 15-20 раз, фенолов, солей хрома, железа – в 10-20 раз.

Это обстоятельство сказывается и на состоянии ихтиофауны. Особенно опасны для водных организмов железо и аммиак, они «сжигают» жаберный аппарат рыб и последние погибают от кислородного голодания. Кроме того, хром, фенол, аммиак оказывают нервно-паралитическое воздействие. Промышленное загрязнение водоемов вызывает зимне-весенние заморы, рыба гибнет в зимовальных ямах.

На состояние водоемов сказывается и несоблюдение санитарных норм: выпас скота по берегам, строительные работы, вырубка деревьев и выкос травы.

Сложная ситуация в крае с озерами, особенно пойменными. Как правило, эти озера неглубоки и вода в них быстро нагревается, что приводит к гибели рыбы. Зимой же озера нередко промерзают до самого дна.

Особую тревогу вызывает состояние малых рек края, протяженность которых составляет менее 10 км. Это 95 % от общего количества всех рек края. Многих из них уже не существует, а те, которые остались, находятся в удручающем состоянии. Это связано, главным образом, с вырубкой лесов, распашкой берегов, эрозийными процессами. Нередко малые реки, ручьи перегораживаются трассами, насыпями железных дорог. До недавнего времени на это никто не обращал внимания, но сейчас при строительстве инженерных сооружений обязательно предусматриваются водостоки, хотя действуют они не всегда.

Еще одна причина исчезновения малых рек – осушение болот, которое в прежние годы носило массовый характер. Так, в крае существовал план осушить 240 тыс. га болот. План не был реализован, что позволило в какой то мере сохранить болотные угодья, являющиеся источником малых рек.

Сокращение площади лесов

Общая площадь лесов Алтайского края, поданным на 01.01.2006 г. составляет 4305,7 тыс. га. При этом средняя лесистость территории края составляет 21,7 %. Из общей площади лесного фонда леса 1-й группы составляют 67,6 %, 2-й группы – 15,4 %, 3-й группы – 17,0 %.

Леса выполняют огромную почвозащитную и водоохранную роль. Они снижают ветровую и водную эрозию, способствуют более равномерному распределению снега на сельскохозяйственных угодьях, уменьшают поверхностный сток талых вод, ливневых осадков, снижают скорость ветра, в результате чего повышается влажность воздуха у поверхности почвы в летнее время. Лесные участки являются

естественными накопителями снега, что способствует увеличению запасов влаги в почве на прилегающих к лесу участках полей.

В настоящее время лесные ресурсы края используются чрезвычайно интенсивно. В основном это относится к несанкционированным рубкам, которые наносят основной ущерб лесному фонду края. Так, предгорные леса активно осваиваются в течение последних 150-200 лет, и коренных типов леса там практически не осталось, за исключением районов, недоступных для техники. Вторичные леса предгорий также существенно изрежены.

Следует отметить, что в период хозяйственного освоения степной зоны края значительное количество территории было засажено лесополосами. Этот факт уже постольку уникален, поскольку превратил степь в лесостепь с соответствующими видами животных и растений. Однако в довольно сухих условиях степи продолжительность жизни деревьев значительно сокращается. Большинство из созданных лесополос уже находится в критическом состоянии, поэтому требуются срочные мероприятия по их восстановлению. Это особенно важно для степных районов, так как помимо защитного действия от засушливых ветров из Средней Азии, лесополосы играют важную роль в поддержании водного баланса территории.

К проблемам лесного фонда края можно отнести устойчивую тенденцию изменения структуры породного состава лесов. Так, удельный вес хвойных, более ценных насаждений постоянно снижается. Это происходит в основном из-за проведения сплошно-лесосечных рубок, особенно в черневом поясе предгорий Алтая и Салаирском кряже. Кроме того, в лесах наблюдается уменьшение площади хвойных молодняков – основы устойчивости этих экосистем.



Рисунок 10.3 – Пожары – одна из главных причин сокращения площади лесов в Алтайском крае

Большую опасность для лесов края представляют *пожары*, уничтожающие огромные территории лесных массивов. К сожалению, значительное количество пожаров возникает по вине человека. Нередко так называемые сельскохозяйственные палы являются причиной возникновения весенних пожаров, уничтожающих как лесные территории, так и лесополосы.

Отрицательно сказывается на состоянии лесов деятельность промышленных предприятий. Установлено, что многолетнее влияние выбросов в атмосферу сернистого газа приводит к деградации лесов в радиусе до 3 км от мест выброса. Сосняки полностью лишаются подроста, новые поколения не появляются вовсе, происходит изреживание крон деревьев, снижается прирост деревьев в высоту и по диаметру, усиливается действие корневой губки, происходит замена надпочвенного покрова в сторону увеличения количества растений-сорняков. Сосновые леса в зоне влияния промышленных предприятий края восстановиться естественным путем уже не могут – к такому выводу пришли ученые. Загрязнение воздуха – один из значительных современных стрессов лесных экосистем.

Говоря о проблемах леса, нельзя обойти вниманием насекомых-вредителей. К ним относятся сибирский шелкопряд, сосновая пяденица, чехликовая моль, звездчатый ткач. Они поражают лесные деревья на территориях в десятки тысяч километров, поэтому борьба с ними – важнейший инструмент сохранения лесов края.

Истощение земельных ресурсов

Наиболее актуальна из этих проблем – **истощение плодородного слоя почвы**. Ежегодные потери гумуса составляют от 0,51 до 1,7 т/га. Огромный урон в этом плане принесло освоение целины (45-летие которого отмечалось в 1999 г.), когда за короткий срок было распахано 2,9 млн. га новых земель. В результате чего было потеряно 140 млн. т гумуса. Сегодня в крае уже нет темно-каштановых почв с содержанием гумуса 3,5-4,5 %. Современное его содержание в этих почвах составляет 2,0-2,4 %, то есть, потеряно около 40-50 % от первоначального объема. Черноземы лесостепной зоны изначально содержали 6-8 % гумуса, а теперь от 3.5 до 5.8 %. В настоящее время почвы 16 административных районов края характеризуются критическим содержанием гумуса – 2,0-3,9 %.

По расчетам ученых, для бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах края необходимо ежегодно вносить на каждый гектар по 5,7 т органических удобрений. Эти мероприятия требуют привлечения значительных денежных средств, которых сегодня нет.

Недостаточно вносят в почвы минеральных удобрений. Сегодня более половины пахотных земель имеют низкую обеспеченность фосфором, третья часть низко и средне обеспечена калием, почти повсеместно недостаток азотных удобрений, цинка, серы.

За последние годы увеличилась площадь засоленных земель. Это обусловлено рядом причин: распашкой почв, с близким залеганием

минерализованных грунтовых вод, в результате чего происходит усиленное испарение влаги и, следовательно, отложение на поверхности легкорастворимых солей; поднятием минерализованных грунтовых вод в результате фильтрации воды из Кулундинского канала и других оросительных систем.

Остра для края проблема *водной и ветровой эрозии*, к которой предрасположено 88,5 % всей пашни края. Эрозия – наиболее распространенный процесс разрушения почв, включающий перенос и переотложение почвенной массы. Водная эрозия сопровождается также быстрым стоком талых и дождевых вод, расчленением полей, заилием рек, прудов, оросительных и дренажных систем.

Вызывает тревогу загрязнение почв в результате хозяйственной деятельности. Особенно это актуально для предгорных районов, в почве которых обнаружено большое количество тяжелых металлов.

Сокращение видового разнообразия

Одной из основных причин сокращения животных, в особенности имеющих промысловое значение, является их неконтролируемый вылов, почти повсеместно имеющий характер браконьерского. Однако нередко население к браконьерству подталкивает не отсутствие денег, а их избыток. Нередки стали случаи варварской охоты с машин, вертолетов. Выходом из этого положения может быть только формирование охотничьей этики.

Современное состояние ихтиофауны в крае характеризует и тот факт, что ежегодно в период с февраля по июнь закрыто рыболовство на реке Обь и ее пойме. Это мера вынужденная и необходимая, но, тем не менее, решить проблему уменьшения количества рыбы в водоемах края она не сможет.

Необходимо особо отметить влияние Новосибирской ГЭС на ихтиофауну обского бассейна. Прежде всего, плотина ГЭС отрезала у сибирского осетра до 40 % нерестовых площадей и прекратила его миграции с низовьев Оби. В верховьях Оби создается местное стадо осетра. Кроме того, нередко Новосибирская ГЭС «сбрасывает» воду несколько раньше, чем в прежние годы. Это приводит к тому, что икра рано нерестящихся рыб – щуки и судака – оказывается выше уровня воды и погибает.

Совокупное действие этих факторов привело к тому, что в Красную книгу Алтайского края занесено пять видов рыб: сибирский осетр, нельма, стерлядь, таймень и, вероятно исчезнувший из рек края, ленок. Сохранить существующие популяции ценных видов рыб можно не только остановив браконьерство, но и с помощью искусственного разведения.

Проблема утилизации опасных отходов

В Алтайском крае ежегодно образуется около 1,5 млн. т. отходов различных классов опасности. Из них лишь около четверти (25 %) в каком либо виде используется, основная же масса отходов поступает на санкционированные свалки для захоронения. Однако ни одного оборудованного полигона для утилизации отходов в крае нет. Поэтому при захоронении мусора проявляются такие экологические последствия, как загрязнение подземных вод и почвы. Кроме того, из-за горения мусора происходит значительное загрязнение воздуха вблизи свалок пылью, сажей, оксидами азота и другими продуктами горения.

Усугубляет положение то, что *места свалок* определены зачастую без согласования с компетентными органами и в большинстве своем не отвечают существующим правилам эксплуатации. Так, ни один полигон в крае не обвалован, не огражден лесозащитными полосами или забором, не организованы защитно-санитарные зоны, не предусмотрена гидроизоляция, отвод дождевых и талых вод и многое другое.

Несмотря на сложность существующего положения, в области обращения с отходами наметились некоторые положительные тенденции. Так, в крае появились предприятия, которые используют отходы производства и потребления и получают на их основе товарную продукцию. Эти предприятия занимаются производством черепицы, бетона, пластмассовых изделий для уборочной техники, инвентаря и др.

Актуальной для края является проблема обезвреживания около 4000 т непригодных к применению *ядохимикатов*. Эти пестициды были завезены в край во время всеобщей химизации сельского хозяйства в 60-80 гг. к настоящему времени полностью потеряли свои свойства, став источником химической опасности. В результате непродуманного использования пестицидов и агрохимикатов в сельском хозяйстве за прошедшие годы на территории края скопился огромный запас устаревших препаратов (самый крупный на территории России). Многие из этих препаратов обладают высокой токсичностью (ртутьсодержащие, хлорорганические) и представляют серьезную опасность для здоровья человека и окружающей среды.

Вызывает особую тревогу то, в каком состоянии хранятся эти ядохимикаты. Более 90 % из них не имеют упаковки, что затрудняет их идентификацию. Состояние большинства складских помещений и условия хранения в них пестицидов не отвечают требованиям и признаны неудовлетворительными. Часто эти токсиканты складываются вообще без какой-либо упаковки, и даже металлические контейнеры, в которых хранятся наиболее токсичные, изготовлены в 1991-92 годах, и в настоящее

время пришли в негодность из-за коррозии металла. Тем самым создается угроза попадания ядохимикатов в окружающую среду.

Для утилизации данных ядохимикатов была создана краевая целевая программа на 2006-2010 гг., однако выделенных на ее реализацию средств может оказаться недостаточно. Для скорейшего решения данной проблемы Центр международных проектов совместно с Арктическим советом по предотвращению загрязнения Арктики (АКАП) включили Алтайский край в приоритетные регионы для проведения углубленной инвентаризации и перезахоронения запрещенных ядохимикатов.

Источником повышенной опасности в крае является комбинат «Аврора» в г. Новоалтайске, на складах которого хранится 3500 т радиоактивного бериллиевого концентрата. Более 30 лет концентрат находится в легких деревянных складах 1941-1943 годов постройки. Поэтому существует вероятность попадания его в окружающую среду в результате техногенных и природных катастроф.

Влияние ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне

В 40-50 гг. в Советском Союзе активно велась работа над созданием атомной бомбы. Местом для ее испытаний стал малонаселенный район в Семипалатинской области Казахстана, где 29 августа 1949 г. произвели первый взрыв. На Семипалатинском полигоне производились как надземные, так подземные, гораздо более опасные, взрывы. Облака радиоактивной пыли передвигались в сторону Алтая, распространяясь над южными районами края и достигая практически г. Бийска. Последний взрыв произошел 7 августа 1962 года. По сути, это была авария. Взрыв получился наземный. Продукты распада сцепились с грунтом и поднялись в воздух. Осела эта масса на северо-востоке Алтая.

В конце 80-х годов ученые обратили внимание на высокий процент онкологических заболеваний в юго-западных районах Алтая, близких к Казахстану. В результате исследований причин этого они пришли к выводу, что рост числа заболеваний связан с атмосферными взрывами на Семипалатинском полигоне 1949-1962 годов. Масштабным исследованиям мешал режим строгой секретности всего, что касалось ядерного оружия. Только после распада Советского Союза ученые получили доступ к необходимым документам.

В ходе исследований выяснилось, что в районах, близких к полигону, средний показатель по всем заболеваниям выше, чем в других районах края. Отмечено значительное количество поражений органов дыхания, мочеполовой системы, но в первую очередь страдает щитовидная железа. Раньше болезни этого органа связывались с недостатком йода в продуктах

питания и воде. Кроме того, в пораженных районах наблюдается такое явление, как раннее биологическое старение организма. Ученые отмечают также рост числа психических аномалий.

Сейчас в крае насчитывается 39 тысяч людей, на здоровье которых значительно повлияли испытания семипалатинском полигоне.

Для медицинской реабилитации людей созданы специальные диагностические центры, крупнейший из которых – в Барнауле. Районные больницы оснащаются необходимым оборудованием, организована подготовка специалистов. В районы, подвергшиеся этому виду воздействия, выезжают бригады медиков. Законом предусмотрен ряд социальных льгот для пострадавших от испытаний.

Влияние космической деятельности

Над южными районами края проходит космическая трасса – траектория вывода на орбиту космических аппаратов. Отделение ступеней ракет-носителей типа «Протон», где в качестве топлива используется гептил, происходит несколько восточнее – на территории республик Алтай, Тыва, Хакасия. Тем не менее, гептил присутствует и на территории Алтайского края. Возможно, его наличие связано с деятельностью ракетных войск стратегического назначения. Однако от космического мусора Алтай не избавлен: на территорию южных районов края падают фрагменты вторых ступеней ракет, работающих на углеродном топливе, локально загрязняя поверхность его остатками. Кроме того, часто в местах падения отработавших ступеней ракет возникают пожары, которые происходят из-за пролива ракетного топлива.



Рисунок 10.4 – Отработавшая ступень ракеты-носителя «Протон»

В районах края, над которыми проходит космическая трасса, – Змеиногорским, Третьяковским, Чарышским – сложилась неблагоприятная медико-экологическая обстановка, однако выводы о непосредственной связи роста числа заболеваний и падением остатков ступеней ракет пока преждевременны. По крайней мере, ученые не делают таких заявлений. С 1999 г проводятся исследования этих районов НИИ региональных

медико-экологических проблем и Институтом водных и экологических проблем, однако их выводы также не однозначны.

11 КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Модель устойчивого развития

Сложившаяся как в России, так и во многих странах мира экологическая ситуация является следствием научно-технического прогресса, который невозможен без использования природных ресурсов. Увеличивающиеся масштабы воздействия на природу вызывают стремительную ее деградацию из-за расточительного использования ресурсов, применения «грязных» технологий, устаревшего оборудования и т.д. Однако естественная емкость экосистем и их устойчивость неограничены. Поэтому необходимо находить баланс между экономическим развитием цивилизации и сохранением окружающей среды.

Для выработки экологически и экономически приемлемого развития в 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию, в которой приняли участие 179 стран. Участники конференции подтвердили, что экономическое развитие не может остановиться, но оно должно пойти по иному пути, перестав столь активно разрушать окружающую среду. На конференции была принята декларация, в которой раскрывается сущность устойчивого развития и пути его достижения.

На конференции было озвучено мнение, согласно которому направление, по которому развитые капиталистические страны пришли к своему благополучию, ведет цивилизацию к краху. Существующая на Западе модель рыночно потребительской технологической цивилизации тупиковая. Ее не только невозможно перенести на весь мир, но и самим развитым капиталистическим странам необходимо как можно скорее сменить тип развития. Сформировавшаяся в капиталистическом мире система ценностей и жизненных ориентации не способна более поддерживать и регулировать стабильное существование мирового сообщества. Так, например, каждый ребенок, родившийся в развитых капиталистических странах, потребляет в 20-30 раз больше ресурсов планеты, чем ребенок в странах третьего мира.

Под термином *«устойчивое развитие»* понимается такое развитие, при котором удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей достигается без лишения такой возможности будущих поколений. В широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми и между обществом и природой.

Общая идея стратегии перехода на путь устойчивого развития заключается в уменьшении антропогенного пресса на биосферу всевозможными способами, начиная от перехода к экологически безопасным технологиям в производстве и всесторонней интенсификации и экологизации экономики и кончая проведением эффективной демографической политики во всех странах.

На конференции в Рио-де-Жанейро были сформулированы основные принципы устойчивого развития:

- экономическое развитие в отрыве от экологии ведет к превращению планеты в пустыню;

- приоритет экологии без экономического развития закрепляет нищету и несправедливость, поэтому социально-экономическое развитие должно быть направлено на улучшение качества жизни людей;

- сохранение окружающей среды должно составлять неотъемлемую часть процесса развития и не должно рассматриваться в отрыве от него;

- экологическая безопасность и стабильность развития должны стать более приоритетными критериями прогресса, чем экономический рост и экономическая эффективность;

- демографическая стратегия государств должна приводить численность населения и его деятельность в соответствие с фундаментальными законами природы и возможностями обеспечения устойчивости биосферы;

- ответственность за загрязнение окружающей среды несет тот, кто ее загрязняет;

- устранение всех форм насилия над человеком и природой, прежде всего войны и террора, т.к. мирное развитие цивилизации и охрана природы взаимосвязаны и неделимы;

- формирование новых принципов управления, в том числе государственного и в области охраны окружающей среды;

- экологизация сознания и мировоззрения человека, радикальная переориентировка системы воспитания, образования, морали, культуры, искусства, науки и техники на новые цели, выдвижение интеллектуально-духовных ценностей на первое место по отношению к материально-вещественным.

В результате работы конференции была принята декларация по окружающей среде и развитию, которая определила права и обязанности стран при переходе к устойчивому развитию, а также была выработана стратегия этого перехода. Данная стратегия описана в ряде документов, принятых на конференции. Одним из них является «Повестка дня на XXI век».

«Повестка дня на XXI век» – программа того, как сделать развитие общества устойчивым с социальной, экономической и экологической точки зрения. В ней предлагаются меры и программы для достижения равновесия между потреблением, численностью населения и способностью Земли обеспечивать потребности людей, описываются некоторые методы и технологии, которые нужно разрабатывать для оптимального сочетания потребностей людей и возможностей биосферы.

В настоящее время основным показателем экономического развития общества является уровень материального благосостояния населения. Однако как указано выше, в показатели экономического развития должны приниматься и полная стоимость природных ресурсов, и стоимость ухудшения состояния окружающей среды. При этом тот, кто загрязняет окружающую среду, должен нести расходы по ликвидации загрязнения.

Переход России на путь устойчивого развития

В России в 1994 г. указом Президента была утверждена «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», а в 1997 г. Правительством одобрена «Государственная стратегия устойчивого развития Российской Федерации». В этих документах отмечается, что следуя рекомендациям и принципам, изложенным в резолюциях конференции ООН по окружающей среде и развитию и руководствуясь ими, в России представляется возможным осуществить последовательный переход к устойчивому развитию. Решение этих задач возможно лишь в рамках такого экономического развития страны, при котором не будет происходить разрушения естественного биотического механизма регуляции окружающей среды, а улучшение качества жизни людей будет обеспечиваться в пределах допустимой хозяйственной емкости биосферы.

Исходя из этих принципиальных положений, основными направлениями перехода России к устойчивому развитию были приняты следующие:

- создание правовой основы перехода к устойчивому развитию, включая совершенствование действующего законодательства;
- разработка систем стимулирования хозяйственной деятельности и установление пределов ответственности за ее экономические результаты, при которых биосфера воспринимается уже не как поставщик ресурсов, а как фундамент жизни, сохранение которого должно быть неременным условием;
- оценка хозяйственной емкости экосистем и определение допустимого на них антропогенного воздействия;
- формирование эффективной системы организации устойчивого развития и создания соответствующей системы воспитания и обучения.

Очевидно, что наряду с общими показателями модели устойчивого развития, наша страна будет характеризоваться и своими *специфическими чертами*, такими как: особенности российской духовности и менталитета, национальными традициями, евразийской территориально-природной реальией и т.д. Кроме того, есть несомненно позитивные черты, способствующие переходу России на путь устойчивого развития – это огромная территория с ненарушенными участками, колоссальные запасы природных ресурсов, при высоком интеллектуальном потенциале страны, готовностью большинства населения терпеть нужду во имя будущего и др.

Однако есть и *негативные черты*, которые затрудняют переход нашей страны к устойчивому развитию. Это относится к экстенсивному характеру экономики, сопровождающемуся одноцелевым использованием природного сырья, огромным объемом добычи и продажи сырья, концентрацией производств в регионах без учета их экологической емкости, отсутствием системы переработки бытовых и производственных отходов. К этому стоит добавить устаревшие технологические процессы и производства, ненадежность технических систем, ведущих к авариям и катастрофам.

В ближайшее время переход России на модель устойчивого развития может и не выдвинуть на приоритетное место экологические проблемы, что связано с особенностями переходного периода. Огромное количество экономических, национальных и политических проблем требуют своего решения, которое невозможно без учета экологического фактора.

Переход России к устойчивому развитию – процесс длительный и требует решения огромного по масштабу эколого-экономических и социальных задач, поэтому должен осуществляться поэтапно. Этот процесс потребует принятия принципиально новых управленческих решений и создания структур и механизмов управления.

Переход на модель устойчивого развития потребует развития кардинальных преобразований, в центре внимания которых экологизация всех основных видов деятельности человечества, самого человека, изменение его природы и сознания. Основная трудность перехода на модель устойчивого развития – коренная переориентация сознания людей на новые цели, отказ от многих общепринятых ценностей, которые еще совсем недавно представлялись общечеловеческими: стереотипы мышления, пренебрегающие возможностями биосферы и порождающие безответственное отношение к обеспечению экологической безопасности. Многие ведущие ученые считают, что именно движение человечества к устойчивому развитию в конечном счете должно привести к формированию предсказанной В.И. Вернадским ноосферы и достижению гармонии между обществом и природой.

Стратегия устойчивого развития Алтайского края

Для создания концепции устойчивого развития Алтайского края принципиальное значение имеет разработка территориальной организации хозяйства, оценка ресурсов – природных и социальных, определение приоритетов развития региона, задач, пропорций, формирование политико-правовых, социально-экономических, финансовых, информационных механизмов достижения устойчивого развития.

Исходной предпосылкой для определения приоритетов должна стать оценка удельного веса той или иной отрасли хозяйства в производстве валового продукта, которая характеризуется не только накопленным производственным потенциалом, но и конкурентоспособностью предприятий, наличием рынков сбыта, гибкостью и маневренностью производств, надежностью сырьевой базы, уровнем технологической интеграции алтайских предприятий с предприятиями других регионов и смежными отраслями, а так же инвестиционной привлекательностью отраслей хозяйства и отдельных предприятий.

Перестройка экономической структуры края в рамках перехода на путь устойчивого развития должна включать следующие направления:

1. *Аграрный комплекс* – это практически единственный в Алтайском крае крупный хозяйственный комплекс, базирующийся на собственных ресурсах – природных, трудовых, материальных. Именно на нем, считают многие ученые, необходимо строить модель дальнейшего развития региона.

К сдерживающим факторам развития аграрного комплекса можно отнести то, что до сих пор не определено право собственности на землю их основных пользователей – сельскохозяйственных производителей. Сегодня они могут лишь арендовать землю. А это приводит к тому, что арендаторы не заинтересованы в воспроизведении почвенного плодородия арендованных земель. Кроме того, к аграрному природопользованию допускаются подчас неподготовленные люди. В арендных договорах на пользование землей не оговариваются требования к ее использованию, применению минеральных и органических удобрений, пестицидов, виды обработки земли.

В основе подбора организационных форм в сельском хозяйстве должен лежать *принцип экономической целесообразности* и социально-экологической приемлемости. Не является экономически целесообразным отказ от крупных форм хозяйствования в зернопроизводстве, где система машин, технологии севооборотов дают наибольший эффект концентрации. В то же время для предгорных и горных территорий, характеризующихся мозаичностью ландшафтов, наиболее перспективны малые формы, где

более эффективны индивидуальные формы труда и многопрофильность занятости.

Необходимо всемерное развитие всякого рода *интеграционных форм*. По горизонтали – между производителями сельхозпродукции, занятыми в одной отрасли и соединенные одной технологической цепочкой; и по вертикали - между предприятиями, выполняющими разные функции: материально-техническое снабжение, разные стадии сельскохозяйственного производства, переработки продукции, маркетинговые услуги, осуществление инвестиций, а также селекционные, ветеринарные, агрохимические и другие виды работ.

2. *Подъем и дальнейшее развитие сельского хозяйства* сможет обеспечить развитие целого ряда *промышленных отраслей*: сельскохозяйственного машиностроения, машиностроения, перерабатывающей промышленности.

Машиностроение, игравшее до недавнего времени одну из ведущих ролей в экономике края, сегодня нуждается в серьезной диверсификации, переориентировании на нужды края и его ближайших соседей, создании тракторов, машин и агрегатов для малых форм хозяйствования.

3. *Энергетика* определяющим образом влияет на развитие всех отраслей материальной сферы. Мощности ОАО «Алтайэнерго» покрывают менее половины потребных нагрузок. Энергетический фактор является сдерживающим для развития прочих отраслей экономики. Необходимо инвестирование в эту отрасль. Кроме того, энергетика является одним из основных загрязнителей воздушного и водного бассейнов. Начавшаяся газификация края позволит снизить напряженность в энергоснабжении и изменить положение с загрязнением окружающей среды. При оживлении экономики края первоочередное развитие получают строительство, транспорт, связь и иные коммуникации. Необходимо учитывать и смену приоритетов, например, когда люди стремятся жить в индивидуальных коттеджах на окраине города или в пригороде.

Происходит постепенная смена концепции *развития связи*, на первое место выходят телекоммуникационные и компьютерные сети. Широкое применение современных средств связи способствует повышению общей наукоемкости производства.

4. Современное экономическое развитие требует формирования адекватной *рыночной инфраструктуры* территории, которая включает элементы производственного и непроизводственного обслуживания, в том числе финансово-кредитные институты.

Территориальные аспекты регионального развития Алтайского края должны учитывать два фактора. Во-первых, обеспечение устойчивого

развития территорий с высокой концентрацией населения путем создания необходимых условий жизнедеятельности. Во-вторых, сохранение территории Алтайского края как совокупности природных комплексов. Сегодня возникают парадоксальные ситуации, когда приходится выбирать между экономическим благополучием и экологическим здоровьем населения и среды обитания. Выход видится в том, что для техногенно загрязненных территорий необходимо соблюдение экологического императива в размещении и развитии индустриальных отраслей, внедрение технологических решений, обеспечивающих снижение экологической емкости производства. А для незагрязненных территорий главным является вопрос сохранения биоразнообразия и природной целостности.

Разработка стратегии и путей перехода Алтайского края на модель устойчивого развития началась в 1995 г. В крае к этой работе приступили ранее, чем во многих других регионах, и на начальном этапе необходимо было разработать основные принципы и пути выхода экономики края из депрессивного состояния. Этот процесс должен осуществляться в неразрывной связи с проведением соответствующих мер по защите и улучшению окружающей среды, сбережению и восстановлению природных ресурсов.

Концепция устойчивого развития Алтайского края должна, во-первых, определить место региональной системы в государственной и соотнести цели и задачи развития региональной системы и принципов устойчивого развития глобального уровня; во-вторых, предложить основные направления стратегии сбалансированного, устойчивого развития региона. При выработке стратегии необходимо, прежде всего, выявить влияние переходных экономических условий на развитие региона и использование его природных ресурсов, а также определить направления структурной перестройки экономики края.

Для Алтайского края, имеющего аграрно-индустриальную направленность, особенно важен учет территориальной организации аграрного природопользования с его экономическими, экологическими и социальными факторами. При определении основных направлений пространственно-отраслевой структурной перестройки края необходимо четко учитывать экологический императив развития региона, категоричность которого широко варьирует во времени и пространстве для отдельных отраслей, территорий и видов деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 576 с.
- 2 Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). –М: Россия молодая, 1994. – 367 с.
- 3 Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мир. 1990. – 368 с.
- 4 Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т.М.: Мир, 1989 – 756 с.
- 5 Тимофеева С.С., Медведева С.А., Ларионова Е.Ю. Социальная экология. Учебное пособие. – Иркутск: изд-во ИрГТУ. 2003. – 323 с.
- 6 Лобанова З.М. Экология и защита биосфера. Учебное пособие. Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2000. – 238 с.
- 7 Лобанова З.М. Экология и защита биосферы. Информационно-развивающие дидактические задания. Учебное пособие. Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2002. – 136 с.
- 8 Основы эколого-экономического развития/ Дорощенко О.П., Комарова Л.Ф., Замятина З.Н., Кормина Л.А., Брютова С.А., Полякова Л.В., Жикеев И.В. Под общей ред. профессора Комаровой Л.Ф. - Барнаул. 1998. – 149 с.
- 9 Горелов А.А. Экология. Учебное пособие. – М.:Центр, 1998. – 240 с.
- 10 Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в РФ в 2005 г., М.: АНО "Центр международных проектов", 2006. – 500 с.
- 11 Государственный доклад о состоянии и использовании водных ресурсов РФ в 2005 г. М.: ВНИИгеосистем, 2005 г.– 252 с.
- 12 Материалы к Государственному докладу "О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2005 г.". – Барнаул, 2006. – 168 с.
- 13 Экологическая геохимия: Учебник/ Алексеенок В.А. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
- 14 Квасниченко Д., Калина В. Схемы по экологии и методическая разработка к ним./ Наглядное пособие для школьных курсов базовых дисциплин. – М.: Устойчивый мир, 2001. – 78 с.
- 15 Электронное учебное пособие "Экология"/ Ахлебинин А.К., Шмытова И.В. и др. – М.: "Дрофа", ЗАО "1С", 2004.
- 16 Гирусов Э.В. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов/ Под ред. Э.В. Гирусова. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.

17 Федорос Е.И., Нечаева Г.А. Экология в экспериментах: учебное пособие для учащихся 10-11 классов общеобразовательных учреждений. – М.: Вента-Граф, 2006. – 384 с.

18 Вишняков Я.Д., Георгиевская Л.М. Основы экологии: Учебник/ ГУУ. – М., 2003. – 155 с.

19 Электронное издание "Экология" /Жаринова Т.А., Теплов Д.Л., Давыдова-Сергиенко В.Ю., Мерзлов Ю.А. – М.: МГИЭМ, 2004.

20 Кормаков В.И., Комарова Л.Ф. Водные ресурсы Алтайского края. Качество, использование, охрана. Монография. – Барнаул, изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2007. – 160 с.

21 Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ, 1990. – 190 с.

Издание подготовлено к печати на кафедре химической
техники и инженерной экологии
АлтГТУ им. И.И. Ползунова

Кафедра осуществляет подготовку инженеров-экологов по специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» по очной и заочной форме обучения. С момента открытия кафедры подготовлено более 800 специалистов инженеров-экологов.

Научная школа кафедры «Создание малоотходных и ресурсосберегающих технологических процессов, утилизация и обезвреживание жидких промышленных отходов, очистка природных и сточных вод». По указанным направлениям защищено 4 докторских и более 30 кандидатских диссертаций

На кафедре работает докторантура и аспирантура по специальностям 03.00.16 - «Экология» и 25.00.36 – «Геоэкология».

Кафедра осуществляет повышение квалификации руководящих работников и специалистов в области охраны окружающей среды по направлениям «Экологический менеджмент» и «Экологически безопасное обращение с отходами» на базе Института повышения квалификации при Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова

Кафедра укомплектована квалифицированными кадрами, выпускниками собственной аспирантуры – кандидатами наук, доцентами. Общее количество штатных преподавателей – 13 чел. В том числе 1 доктор технических наук, 11 кандидатов технических наук, 1 кандидат химических наук.

Зав. кафедрой ХТИЭ – Комарова Лариса Федоровна, д.т.н., профессор, академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, Заслуженный эколог РФ, чл.-корр. СО АН ВШ.

г.Барнаул, пер.Некрасова, 64, (3852) 24-55-19
e-mail: htie@mail.ru

Авторы:

Лазуткина Юлия Сергеевна – к.т.н., доцент каф. ХТИЭ
Сомин Владимир Александрович – старший преподаватель каф. ХТИЭ