



Министерство образования Российской Федерации  
Томский политехнический университет

---

В.Ф. Панин, А.И. Сечин, В.Д. Федосова

# ЭКОЛОГИЯ

Часть I

Учебное пособие

ТОМСК 2000



УДК 574

Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология. Часть 1: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 132 с.

В учебном пособии изложены основные закономерности функционирования экологических систем и биосферы в целом, проблемы потери биосферой стабильности и возможности наступления глобального экологического кризиса. Рассматриваются глобальные экологические проблемы: демографические, истощения природных ресурсов, энергетические, решение которых возможно при условии перехода человечества на устойчивый путь развития.

Пособие подготовлено на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности Томского политехнического университета, соответствует программе Госкомвуза Российской Федерации, и предназначено для студентов Центра дистанционного образования.

Печатается по постановлению Редакционно-издательского Совета Томского политехнического университета.

**Рецензенты:**

Г.Ф. Плеханов

– заведующий кафедрой Охраны природы Томского государственного университета, доктор биологических наук, профессор;

В.В. Гальцова

– зам. председателя Государственного комитета по охране окружающей среды Томской области, начальник отдела научно-технической информации.

Темплан 2000

© Томский политехнический университет, 2000

## ВВЕДЕНИЕ

Экология относится к классу биологических наук, тем не менее с недавнего времени она вошла в учебные планы технических университетов и других технических и нетехнических вузов. Одновременно в учебные планы был введен целый ряд дисциплин гуманитарного и социально-экономического цикла.

Почему это произошло? Потому что пришли новые времена: роль техники и технологии в жизни общества неизмеримо возросла, а социальное неблагополучие в стране и мире не исчезло, более того, к нему добавилось все возрастающее экологическое неблагополучие. Поэтому, вводя в учебные планы экологические и новые гуманитарные, социально-экономические дисциплины, общество надеется, что будущие инженеры будут способны принимать управленческие, проектные, экономические, социально-политические решения, адекватные складывающимся кризисным явлениям и тенденциям во всех сферах жизни страны и мирового сообщества.

В самом деле, сохраняется или даже углубляется различие в уровне жизни верхних, с одной стороны, и средних и нижних слоев общества - с другой, и это не может не иметь, в конечном счете, непредсказуемых последствий для стабильности в обществе в каждой стране и для международной стабильности в целом. Но особенно мрачен контраст в уровнях жизни населения стран Европы, США, Канады, Японии и нескольких других стран ("золотой миллиард" жителей Земли), с одной стороны, и населения остальных стран (к которым, по-видимому, сегодня уже следует отнести население Российской Федерации и большинства других стран – республик бывшего СССР), составляющего практически 5 млрд. человек. Достаточно сказать, что по разным оценкам страны "золотого миллиарда" потребляют 70-80% энергетических ресурсов планеты. При сохранении существующей логики экономических и других отношений стран "золотого миллиарда" с остальными странами такое положение - бомба замедленного действия, оно предопределяет перспективу тупикового развития цивилизации.

С другой стороны, из-за увеличения населения Земли, продолжающейся экспансии человека в природные комплексы, расширяющегося промышленного и жилого строительства, увеличения объема и разнообразия промышленного производства возрастает химическое и физическое загрязнение биосферы. Это ведет к стремительному изменению условий обитания всего живого на Земле и, соответственно, к дестабилизации иммунной и генной систем растений, животных, человека, катастрофическому возрастанию скорости исчезновения видов растений и животных и скорости распространения различных патологий (в т.ч. врожденных) в человеческой популяции. Мнение большого числа исследователей: если не изменить сложившиеся в XVIII - XX веках стереотипы хозяйственно-экономической деятельности общества, то человечеству не избежать иммунно-генетической и, в целом, биосферной катастрофы.

В каком же направлении необходимо изменять механизмы хозяйственно-экономической деятельности?

Сегодня деструктивные процессы в биосфере определяют как Глобальный экологический кризис, связывая его, прежде всего, с несовершенством технологий производства товаров и услуг. В обществе сложилось устойчивое мнение: если перейти к безотходным и малоотходным технологиям, то Глобальный экологический кризис сам по себе сойдет на нет. Однако это - очень упрощенный подход к решению проблемы. Истинную сущность Глобального экологического кризиса обозначила Конференция ООН по окружающей среде и развитию (г. Рио-де-Жанейро, 1992г.): это - кризис рыночной системы хозяйствования в её существующей форме. Ведь до самых последних 2-3-х десятилетий промышленники, финансисты, политики полагали, что "железная игра" монополий в борьбе за экономический рост, прибыль, за экономическое уничтожение конкурента - без оглядки на экологические издержки своей деятельности и самовосстановительные возможности биосферы - нормальный, здоровый режим функционирования экономики. Лейтмотивом Конференции ООН в Рио-де Жанейро следует признать слова руководителя Института климата, экологии и энергетики ФРГ Э. фон Вайцекера: "... Рыночная экономика может погубить окружающую среду и себя, если не позволит ценам говорить экологическую правду". Эту мысль надо понимать так: чтобы преодолеть экологический кризис, необходимо переустроить весь мировой механизм хозяйствования таким образом, чтобы алгоритм его действия, прежде всего, экономического, был направлен на сохранение и улучшение окружающей природной среды. Рассмотрим это на простом примере. Многие африканские страны вынуждены в больших количествах продавать ценные породы древесины, вследствие чего быстро уменьшается площадь тропических лесов, играющих исключительную роль в балансе лесного покрова Земли по его воздействию на круговорот воды и изменение климата, в целом, на воспроизводство кислорода. Значит, в интересах всех жителей планеты эти леса необходимо сохранить, но сохранить таким образом, чтобы эти страны не лишились валютных поступлений от продажи леса. Эту частную проблему можно решить разными путями. Например, создав Всемирный Фонд защиты тропических лесов (за счет взносов всех государств) и производя из него соответствующие выплаты африканским странам, наложившим мораторий на заготовку тропической древесины. А для европейских и американских фирм, желающих приобретать такую древесину, установить определенные квоты продаж и такие цены, чтобы на доходы от продажи леса можно было создать современные комплексные лесные хозяйства, обеспечивающие постепенное увеличение площади лесов данных пород и т.д. и т.п.

И подобным образом действовать в каждом конкретном случае, последовательно повышая стоимость природных ресурсов. Такой подход будет отрезвляющим образом действовать на потребителей природных ресурсов и направлять их усилия на поиск решений, позволяющих обойтись меньшим

объёмом ресурсов или перейти на другие, менее критичные для окружающей среды. Если такие решения будут найдены, то данное производство сохранится. В противном случае производство закроется, и этот акт станет выражением, говоря словами Э. фон Вайцекера, экологической правды о цене товаров или услуг данного производства.

Упомянутая Конференция ООН в Рио-де Жанейро фактически обратилась к миру с призывом: давайте отныне каждый акт хозяйственной деятельности оценивать не только по сложившейся логике традиционного экономического анализа, но и по его (акта) экологическим издержкам; если экологические издержки по результатам такой оценки окажутся большими, то стоимость результата данной хозяйственной деятельности (товары, услуги) также будет высокой, поскольку общество потребует от предпринимателя, соответственно, высокую плату за экологические издержки. И тогда в конкуренции на рынке товаров и услуг данный товар (услуга) будет иметь мало шансов удержаться. В конкуренции победят товары и услуги, технология производства которых имеет минимальные экологические издержки и, соответственно, минимальную стоимость. Таким образом - мы продолжаем основную мысль Конференции в Рио-де Жанейро - мы сможем реформировать рыночную экономику. Сегодня она процветает за счет "пожирания" биосферы, после реформирования она будет процветать за счет "пожирания" экологических издержек тех технологий и тех способов проживания человека в биосфере, которые сложились в "доэкологическую эпоху".

Изложенный в общих чертах подход к преодолению Глобального экологического кризиса (мы понимаем, что этот кризис одновременно и социальный, и экономический, и политический) получил название концепции устойчивого развития и находится в центре внимания международных, государственных органов, общественных движений, поскольку других значимых концепций в мире сегодня не обозначилось. Эта концепция, по-видимому, станет руководящим началом в процессе перехода к новым принципам хозяйствования человека на Земле.

Читателю понятно, что в ходе реализации концепции устойчивого развития обществом должна быть проведена небывалая по масштабам работа: в частности, необходимо будет создать мировую сеть (имеющую, скорее всего, надгосударственный характер) организаций, способных дать объективную оценку экологических издержек любого вида хозяйственной и другой деятельности, обеспечить надежное, "неотвратимое", изъятие экологического налога с предпринимателя - соответственно уровню его экологических издержек, а весь образовавшийся поток финансовых средств направить на эффективное развитие природоохранной деятельности.

Чтобы создать подобные структуры, необходимо подготовить целые армии специалистов, компетентных и в экологии, и в технологии, и в экономике, и в организационно-правовой сфере природоохранной деятельности, и во многих других смежных областях знания. Но и сами технологи, которые в

последующем будут работать, положим, в области энергетики, машиностроения, химической технологии, строительства и т.д., должны быть также хорошо подготовлены во всех названных сферах, чтобы эффективно (конструктивно) взаимодействовать с экспертными налоговыми экологическими органами. В результате такого взаимодействия должен обеспечиваться быстрый прогресс в преодолении экологического кризиса.

Теперь, уважаемый читатель, мы можем обратиться к исходному пункту Введения: введение в учебные планы инженеров целого ряда новых учебных дисциплин, в частности, экологии - первый шаг в направлении, обозначенном концепцией устойчивого развития и Конференцией ООН в Рио-де-Жанейро, принявшей эту концепцию. Далее неизбежны другие изменения в учебных планах и программах учебных дисциплин - по мере принятия обществом очередных решений в ходе реализации концепции устойчивого развития.

Что же предлагается будущему инженеру в учебном пособии "Экология для инженера" для изучения учебной дисциплины, которая в учебных планах значится как "Экология"?

Пособие начинается, глава 1, с рассмотрения понятий "экология", "инженерная экология", предмета и задач экологии, истории развития экологической науки, в том числе, в России. Рассматриваются основные этапы взаимодействия общества с природой, экологические кризисы, основные понятия, используемые в экологии: окружающая среда, экосистема, экологический фактор, экологическая ниша и т.д. С позиций первого и второго начал термодинамики обсуждается феномен высокой упорядоченности энергетических процессов в организмах и экосистемах.

В главе 2 обсуждаются основы учения В.И. Вернадского о биосфере, категории экологических факторов, закономерности их действия, адаптация организмов к действию экологических факторов, структура и динамика популяций, экосистем, их гомеостаз, сукцессия, основные принципы функционирования экосистем, естественные и антропогенные помехи в экосистемах. Первая и вторая главы - ядро учебного пособия. При их изучении студент осознает самоорганизацию среды обитания человека - биосферы - и механизм реагирования биосферы и её составных частей - биогеоценозов (экосистем) - на экологические факторы. Ключевой момент этой части пособия - представление механизма действия на экосистемы антропогенных факторов: если уровень антропогенного фактора превышает некий предел, то экосистема теряет устойчивость, деградирует и гибнет.

Наряду с традиционными вопросами общей экологии в пособии рассматриваются вопросы, вводящие читателя в круг явлений в природе и обществе, которые сегодня определяют судьбу цивилизации: все возрастающая потеря устойчивости экосистем, Глобальный экологический кризис, пути выхода из него, концепция устойчивого развития общества.

В главах 3-5 дается краткое описание современного состояния биосфе-

ры: темпы роста народонаселения Земли и пути его стабилизации, состояние основных ресурсов, проблемы энергетики, загрязнение биосферы.

## Глава 1. ЭПОХА ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

### 1.1. Предмет и задачи экологии

Термин "экология" предложен в 1866 г. немецким биологом-дарвинистом Эрнстом Геккелем. Слово образовано от греческих "ойкос", что означает дом, жилище и "логос" - учение, наука. Таким образом, дословно экология - это наука о доме. Только "дом" здесь понимается в очень широком смысле слова как среда обитания.

В современном понимании экология - это наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания.

Предметом экологии является изучение

- законов существования и развития природы;
- закономерностей реакции природы на воздействие человека;
- предельно допустимых нагрузок на природные системы, которые может позволить себе общество.

Научной основой экологии является учение Чарльза Дарвина о борьбе организмов за существование. В это учение он включал не только конкуренцию организмов за жизненные ресурсы, но и их реакции на факторы окружающей среды, посредством которых живые организмы приспособляются к существованию в конкретных условиях.

Основой экологии являются такие биологические науки как физиология, генетика, биофизика, связана она и с небиологическими науками - физикой, химией, геологией, географией, математикой и др.

Экология обоснованно считается научной базой инженерной охраны окружающей среды.

В последнее время получили распространение такие понятия, как "инженерная экология", и т.п.

Под инженерной экологией понимается система инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества среды в условиях растущего промышленного производства.

Успешное решение экологических задач инженерными методами возможно лишь в том случае, если специалист владеет определенными знаниями в области экологии, позволяющими ему оценить свое производство с экологических позиций, т.е. обладает необходимым каждому экологическим мышлением.

Совершим небольшой экскурс в историю. В начале XX в. Россия в числе первых стран мира начала создание заповедников: Морицсала в Латвии (1911 г.), Лагодехи в Грузии (1912 г.), Баргузинский на Байкале и "Кедровая

падь" на Дальнем Востоке (1916 г.). Даже в тяжелые годы гражданской войны были созданы такие заповедники, как Астраханский (1919 г.) и Ильменский на Урале (1920г.) Был организован комитет по заповедникам, к обсуждению проектов создания заповедной сети привлекались крупнейшие специалисты, такие как, например, П.П. Семенов-Тянь-Шанский. Уровень развития отечественной экологии был чрезвычайно высок. Достаточно упомянуть имя В.И. Вернадского, развившего учение о биосфере. Гениальный московский эколог Г.Ф. Гаузе в возрасте 19-24 лет провел серию классических экспериментов по изучению борьбы организмов за существование. Монография его впервые вышла в США в 1934 г. и неоднократно переиздавалась за рубежом в серии "Классики науки". Уровень отечественной экологии тогда был таков, что теперь в США по этому разделу истории советской науки защищают диссертации, пишут монографии. В 1988 г. профессор Аризонского университета Дуглас Уинер опубликовал книгу по истории охраны природы в СССР в 20-40-х годах. Он открыл для нас мировой приоритет нашей науки в развитии теории охраны природы. Тогда работали такие классики экологии, как В.Н. Беклемишев, Д.Н. Кашкаров, Н.В. Тимофеев-Ресовский. Экология была на столь же высоком месте в мире, как и генетика при Н.И. Вавилове и, так же, как и генетика, экология была разгромлена в 1948 г. Идеолог лысенковщины И. Презент выдвинул спекулятивный лозунг о том, что нелепо охранять природу от советского человека, и вся прекрасная система заповедников была разрушена. Площадь заповедников с 0,56 % территории страны сократилось до 0,06 % - остались лишь 40 из 128 заповедников. Вплоть до 1967 г. в школах биология была заменена псевдонаукой Лысенко. Канонизировались слова И.В. Мичурина о необходимости "брать милости у природы". Прогресс ассоциировался с дымящимися трубами, тоннами извлеченного угля, выплавленной стали, миллионами киловатт электроэнергии.

Культ урбанизма и технократии, который возник в годы первых пятилеток, остается живучим и по сию пору, но все же можно с уверенностью сказать, что значение проблем охраны среды обитания осознано нашим обществом. Это видно и по общественным движениям, и по печати. Экология остро задает интересы всех, поскольку связана с охраной здоровья нынешнего и последующих поколений.

Дальнейшее развитие цивилизации не может ориентироваться только на естественный ход событий и природную стихийную изобретательность человека. Знания, коллективный разум человечества и его целенаправленная воля становятся основными факторами, от которых будет зависеть будущее человека. Принцип покорения человеком природы должен быть заменен принципом их коэволюции (согласования). Иначе, если человек не сменит образ жизни, защитные силы биосферы уничтожат ее разрушителя.

Биосфера в своей истории выходила из кризисных состояний. В ее составе уже возникали агрессивные формы жизни с избыточным энергетиче-

ским потенциалом, который вдруг начинал работать вразнос, разрушая среду обитания. Типичный пример - позднемезозойские рептилии. К концу мезозоя они захватили все стихии биосферы (летающие, бегающие, лазающие, плавающие). Интенсивное разрушение среды обитания, в свою очередь, привело к их масштабному сокращению. Те из них, что сохранились и дожили до современности (крокодилы, черепахи, змеи, ящерицы) - жалкая тень их бывшего разнообразия и могущества.

До самого последнего времени человеческая активность приводила к таким изменениям природной среды, которые проявлялись в характере жизни общества лишь на длительных отрезках времени - на протяжении десятков поколений люди жили практически в одних и тех же природных условиях.

Отрицательные воздействия человека на природу могли, конечно, накапливаться и приводить однажды к взрывным катастрофам. Классический пример - засоление почв в Месопотамии вследствие неумелого орошения, которое однажды, после тысячелетнего процветания, привело к гибели цивилизации Шумера. Катастрофа была столь неожиданной и носила столь всеуничтожающий характер, что даже существование этой древней цивилизации на тысячелетия было стерто из памяти человечества.

В конце неолита, т.е. на заре истории, человечество тоже пережило глобальный экологический кризис и оказалось на грани небытия - численность населения планеты сократилась, вероятно, раз в 10. Человечество спасло озарение - оно сумело выжить благодаря земледелию и скотоводству. Переход от кочевых охотничьих и собирательских общин к общинам оседлых земледельцев впервые произошел на территории современного Ближнего Востока около 12 тыс. лет назад. Это первый переломный момент в истории человечества, коренным образом изменивший характер антропогенного воздействия на природу. Вторым переломным моментом было начало использования ископаемых видов топлива и последовавшая вслед за этим индустриальная революция, которая началась в Англии в XVIII веке.

Деятельность человека стала наносить природе все больший ущерб по мере совершенствования орудий труда и роста производства.

В XX веке соотношение роли общественных и природных факторов стало особенно стремительно меняться. Глобальные изменения окружающей среды, которые мы сейчас начали осознавать - изменения, происходящие в почве, воде и атмосфере, - являются, в основном, следствием двух веков индустриализации, а также современных потребностей и устремлений практически 6 млрд. людей. В последние годы, то есть практически за 50 лет, отделяющих нас от окончания самой страшной и кровопролитной войны, которую знало человечество, наука и техника внесли в жизнь планеты поистине удивительные изменения. Выход в космос, овладение ядерной энергией, создание мировой компьютерной сети. Каждое из этих событий могло бы составить целую эпоху в истории цивилизации, но они далеко не исчерпывают всего того, что произошло за последние 40 - 45 лет. Полимерные материалы,

скоростные реактивные лайнеры, невиданный рост производительности труда и многое другое, что совершенно изменило характер нашей жизни - все это тоже плоды научно-технической революции.

Сразу после войны невиданными темпами началась перестройка всей технологической основы нашей цивилизации. Общество перешло в новое состояние, характеризующееся всевозрастающей скоростью появления новых научных открытий, создания новых технологий и невиданных темпов развития производительных сил. За время жизни одного поколения, условия обитания популяции *Homo sapiens* меняются весьма существенно. Сейчас даже два соседних поколения в развитых странах начинают жить в условиях, существенно отличных. И темпы научно-технического прогресса не проявляют тенденции к снижению, жизнь не стремится вернуться в русло спокойного, умеренного развития.

Мы сейчас не можем представить себе нашу жизнь без всего того, что дают нам современные научные знания и инженерное мастерство. Никогда еще цивилизация не обеспечивала человечество таким количеством благ, как теперь. Можно говорить об их неравномерном распределении, и тем не менее никогда за всю историю человечества среднестатистический земной житель не съедал столько, сколько он ест сейчас, никогда не был он обеспечен таким количеством услуг, каким он обеспечен сейчас.

Однако рост могущества цивилизации привел к многократному увеличению интенсивности антропогенного воздействия на биосферу. Судьбы человечества и природы становятся все более переплетенными. Взрывы атомных бомб в Нагасаки и Хиросиме показали, что человек в состоянии уничтожить не только города и страны, но и основу основ нашего бытия - Природу [4].

Взаимодействие общества и природы можно представить в виде схемы социального обмена веществ и энергии рис. 1.1. [5].

Схема отражает изъятие из природы веществ и энергии, переработку веществ, усвоение обществом переработанных элементов природы, сброс в окружающую среду отходов. На всех этапах взаимодействия общества и природы происходит загрязнение окружающей природной среды, которая, в свою очередь, воздействует на общество.

Ядерная война - это не единственное проявление мощности современной цивилизации, способной поставить человечество на грань катастрофы. Есть и другие действия людей, могущие привести к изменениям условий жизни на нашей планете, которые исключают всякую возможность дальнейшего существования цивилизации.

Так, например, уменьшение испарения с поверхности океана вследствие его загрязнения резко уменьшит количество осадков, а их и так недостает большинству районов планеты. А вода - это жизнь, ее уменьшение означает, что люди будут обладать меньшим количеством пищевых ресурсов. Их

уменьшение на 20-30 % при непрерывном росте населения будет иметь катастрофические последствия, которые трудно даже оценить.

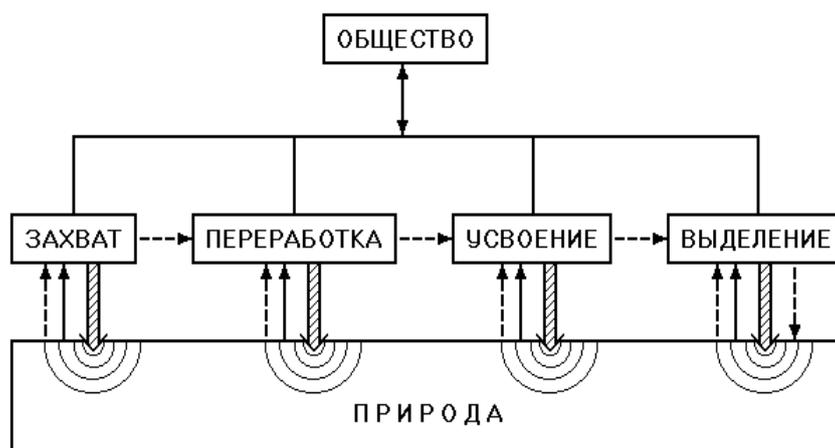


Рис. 1.1. Схема социального обмена веществ

- - поступление вещества;
- - -→ - транспортировка;
- ▨→ - отходы;
- ⊙⊙⊙ - загрязнения окружающей среды

Задумаемся еще над одним фактом. Все великолепие современной цивилизации - следствие того огромного количества искусственной энергии, которое стало теперь производить человечество. Мы живем не энергией Солнца, как растения и животные, а расходует запасы нефти, угля, газа, сланцев, которые накопила биосфера за сотни миллионов лет. Эти невозобновимые запасы расходуются стремительно и, если завтра источники нефти и угля иссякнут, то остановятся поезда и автомобили, прекратится подача энергии. Остановится не только промышленное производство, но и резко сократится производство сельскохозяйственных продуктов.

Опасность таится и в самом количестве производимой человеком энергии. Земля получает от Солнца огромное количество энергии и сохраняет при этом примерно постоянную температуру, следовательно, приход и расход количества энергии должны быть сбалансированы, иначе система однажды потеряет устойчивость.

В действительности этот баланс не совсем точен. На Земле есть жизнь, есть растения, которые с помощью энергии Солнца создают живую материю, вступающую в бесконечный круговорот. Часть полученной Землей солнечной энергии оказывается захороненной в недрах планеты. Вся жизнь на Земле, весь процесс ее эволюции, приведший к появлению человека и общества, и жизнь самого общества долгое-долгое время происходили за счет ничтожного дисбаланса между энергией, поступающей на Землю из Космоса, и энергией, отражаемой планетой. Изменение этого дисбаланса за счет высво-

бождения энергии органического и ядерного топлива чревато для человека очень опасными последствиями.

Изменение теплового равновесия планеты уже начало происходить. Производимая человеком энергия рассеивается и идет на нагревание Земли, ее тверди, океана, атмосферы. Это может привести к увеличению температуры Земли, тем более что производство энергии растет быстрыми темпами.

Увеличение средней температуры на 4–5 °С приведет к необратимому таянию ледников, повышению уровня океана на многие десятки метров и затоплению наиболее плодородных областей планеты. В результате потепления изменится весь характер атмосферной циркуляции и большая часть оставшейся поверхности планеты превратится в засушливую полупустыню.

Таким образом, в биосфере сложились напряженные отношения между человечеством и природой, характеризующиеся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе и ресурсно-экологических возможностей биосферы. Это состояние именуется экологическим кризисом.

Приметы общепланетарного кризиса у всех перед глазами. О нем говорят и озоновые дыры, и грядущее (и наблюдающееся сейчас) глобальное потепление, и загрязнение окружающей среды, и стремительное обеднение ресурсов планеты, начиная от потери плодородия ее полей и кончая истощением ископаемых природных ресурсов.

У людей постепенно начало возникать новое представление о той реальности, которая нас окружает, люди начали понимать, что время "вседозволенности" ушло раз и навсегда, они начали осознавать, что есть некая запретная черта во взаимодействии Человека и Природы, переступать которую человечество не должно ни при каких обстоятельствах. Сегодня нельзя рассматривать независимо развитие общества и природы и решать политические и экономические проблемы, игнорируя глубокую взаимосвязанность природных и общественных процессов [7,8,9,10].

Вот почему сейчас внимание ученых во все большей степени начинает обращаться к фундаментальным проблемам современной эволюции биосферы, основной причиной которых теперь становится непрерывно возрастающая нагрузка, порождаемая, прежде всего, производственной деятельностью человека. Особое значение, в связи с этим, приобретает изучение природы и человека как одного целого. Проблема выживания, сохранения биосферы может быть решена человеком путем поиска оптимальных решений, основывающихся на экологических знаниях.

## 1.2 Основные понятия и определения

**Окружающая среда** - система взаимосвязанных природных и антропогенных объектов и явлений, в которой протекает труд, быт и отдых людей.

**Экологическая система** (экосистема) – взаимосвязанная единая функциональная совокупность организмов и среды их обитания.

Примером экосистем могут быть пруд с растениями и живыми организмами, лес с обитателями. Сходные организмы, обитающие в неодинаковых условиях среды, образуют разные экосистемы. Например, еловый лес в Томской области и в горах Кавказа - разные экосистемы.

Для обозначения природных биосистем, занимающих определенную территорию, В.Н. Сукачевым предложен термин биогеоценоз (от "биос" - жизнь, «гео» - Земля, «ценоз» - сообщество).

Понятия "экосистема" и "биогеоценоз" близки, но не являются синонимами. Экосистемы - это безразмерные устойчивые системы живых и неживых компонентов, в которых совершается круговорот веществ и энергии. Таким образом, экосистема - это и капля воды с ее микробным населением, и лес, и горшок с цветком, и космический пилотируемый корабль. Понятие "экосистема" шире, чем "биогеоценоз", т.е. любой биоценоз является экологической системой, но не всякая экосистема может считаться биогеоценозом, причем биогеоценоз - это сугубо наземные образования, имеющие свои четкие границы.

Экосистема включает две главные составляющие: биоценоз - совокупность живых организмов и биотоп (от греч. "топос" - место) - место жизни биоценоза. Представители отдельных видов растений или животных, обитающих в данной экосистеме, образуют популяции этих видов. Например, совокупность зайцев, совокупность берез - популяцию берез и т.д.

Как мы увидим дальше, антропогенная деятельность всегда направлена на биогеоценоз (экосистемы), вне которых нет жизни на Земле. Биогеоценоз - это элементарная структурная единица биосферы, сложно организованная и развивающаяся по определенным законам, и именно с ней взаимодействует человек.

Окружающая организм среда характеризуется огромным разнообразием, слагаясь из множества динамичных во времени и пространстве элементов, явлений, условий, которые рассматриваются в качестве факторов.

С экологических позиций среда - это природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных отношениях. Окружающая организм среда характеризуется огромным разнообразием, слагаясь из множества динамичных во времени и пространстве элементов, явлений, условий, которые рассматриваются в качестве факторов.

**Экологический фактор** - любой элемент среды, способный оказать непосредственное влияние на живые организмы и на характер их отношений

друг с другом. В свою очередь, организм реагирует на экологический фактор специфическими приспособительными реакциями.

Экологические факторы среды, с которыми связан любой организм, делятся на категории:

- 1) факторы неживой природы - абиотические;
- 2) факторы живой природы - биотические;
- 3) антропогенные факторы.

Воздействие человека на окружающую среду проявляется, прежде всего, в изменении режима множества биотических и абиотических факторов зачастую за те пределы, которые отвечают экологическим требованиям живых организмов. Любому живому организму необходимы не вообще температура, влажность, минеральные и органические вещества или какие-либо другие факторы, а их определенный режим, т.е. существуют некоторые верхние и нижние границы амплитуды допустимых колебаний этих факторов. Чем шире предел какого-либо фактора, тем выше устойчивость, т.е. толерантность данного организма.

Требования того или иного организма к факторам среды обуславливают границы его распространения (ареал) и место, занимаемое в экосистеме. Совокупность множества параметров среды, определяющих условия существования того или иного вида, и его функциональных характеристик (преобразование им энергии, обмен информацией со средой и себе подобными и др.) представляет собой экологическую нишу.

**Экологическая ниша** - это абстрактное понятие, этот термин отражает ту роль, которую играет данный конкретный вид организмов в биогеоценозе. Чтобы дать характеристику экологической нише, необходимо знать, чем организм питается, кто его самого поедает, какова способность организма к перемещению в пространстве, какой этаж в биогеоценозе он занимает и другие особенности его взаимодействия с живыми и неживыми элементами биогеоценоза. Экологическая ниша характеризует экологические условия жизнедеятельности организмов, которые определяются как абиотическими, так и биотическими факторами.

Следовательно, в каждом биогеоценозе все виды живых организмов занимают определенные экологические ниши, расселяясь таким образом, чтобы, не мешая друг другу, наиболее полно и эффективно использовать все энергетические и материальные ресурсы. Одни виды живых организмов расселяются в верхних этажах, потребляют энергию Солнца, извлекают необходимые вещества из атмосферного воздуха и используют атмосферную влагу. Другие поселяются в почве и живут за счет энергетических ресурсов мертвого органического вещества, почвенной влаги и газов, содержащихся в порах почвы. Расселяясь таким образом, все живые организмы, находясь в тесном взаимодействии, обеспечивают существование друг друга и постоянный круговорот веществ. От разнообразия живых организмов, от числа экологиче-

ских ниш будут зависеть полнота и скорость круговорота веществ в данном конкретном биогеоценозе [10, 11].

Как мы увидим далее, существование и развитие экологических систем зависит от количества энергии, поступающей в экологическую систему, скорости ее передачи через отдельные элементы системы и от интенсивности циркуляции минеральных веществ.

Как известно, энергией называется единая мера различных форм движения. Для количественной характеристики качественно различных форм движения вводятся соответствующие виды энергии: механическая, внутренняя, электромагнитная, химическая, ядерная и др. [5]. Живые существа являются уникальными природными объектами, способными улавливать энергию, приходящую из Космоса преимущественно в виде солнечного света, удерживать ее в виде энергии сложных органических соединений, передавать друг другу, трансформировать в механическую, электрическую и другие виды энергии. И все это соответствует **закону сохранения и превращения энергии** (1-е начало термодинамики), согласно которому энергия не исчезает и не создается, она только превращается из одного вида в другой или переходит от одного тела к другому, при этом ее значение сохраняется.

**Второе начало термодинамики** - любое действие, связанное с преобразованием энергии, не может происходить без ее потери в виде рассеянного в пространстве тепла. Другими словами - энергия любой системы стремится к состоянию, называемому термодинамическим равновесием, что равнозначно максимальной энтропии. Энтропия, таким образом, отражает возможности превращения энергии и рассматривается как мера неупорядоченности системы. Итак, часть поступающей в экологическую систему энергии теряется и не может совершать работу. Для того, чтобы энтропия системы не возрастала, чтобы существовала жизнь, необходим внешний источник энергии - излучение Солнца.

## Глава 2. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### 2.1. Учение о биосфере и ее эволюции

Учение о биосфере Земли - одно из крупнейших и наиболее интересных обобщений современного естествознания. Оно является научной основой для исследования природных объектов и комплексного подхода при организации современного производства.

Землю нередко сравнивают с космическим кораблем, а человека - с пассажиром. В бескрайних просторах космоса, в известной нам части Вселенной, только одна Земля - планета жизни. И только на ней могут жить люди. Системой жизнеобеспечения для них является биосфера - область существования "живого вещества - совокупности живых организмов" [13].

Колыбель *Homo sapiens*, основа его физического и духовного развития, источник всех природных ресурсов - все это биосфера. И в познании законов ее эволюции и организованности лежит ключ к разумному преобразованию трудом и социальной мыслью человека.

Величие В.И. Вернадского в том, что он впервые понял и научно обосновал единство человека и биосферы.

Владимир Иванович Вернадский (1863-1945) - крупный отечественный ученый, минералог и кристаллограф, один из основоположников геохимии и биогеохимии. Основные его идеи по проблеме биосферы сложились в начале текущего столетия: он излагал их в лекциях в Париже. В 1925 г. появилась статья В.И. Вернадского "Ход жизни в биосфере", а в 1926 г. вышла книга "Биосфера". Затем различные стороны учения В.И. Вернадский неоднократно рассматривал в статьях и в большой, опубликованной только через 20 лет после его смерти, монографии "Химическое строение биосферы Земли и ее окружения".

Рассмотрим некоторые самые основные положения учения В.И. Вернадского о биосфере.

В основе учения лежит представление о планетарной геохимической роли живого вещества в образовании биосферы как продукта длительного превращения вещества и энергии в ходе геологического развития Земли.

Прежде всего, В.И. Вернадский определил пространство, охватываемое биосферой Земли.

Биосфера (гр. "биос" - жизнь; "сфера" - шар) - оболочка Земли, в которой развивается жизнь разнообразных организмов, населяющих поверхность суши, почву, нижние слои атмосферы, гидросферу.

Будучи человеком щепетильным в вопросах научной этики, В.И. Вернадский неоднократно повторял, что термин "биосфера" принадлежит не ему, что впервые его еще в начале прошлого века употребил французский биолог Ж.-Б. Ламарк, разработавший первую эволюционную концепцию. Опреде-

ленный геологический смысл в 1875г. вложил в термин "биосфера" австрийский ученый Э. Зюсс. Однако связанное с этим термином законченное учение создал В.И. Вернадский.

Планета Земля характеризуется наличием трех поверхностных геосфер - гидросферы, литосферы, атмосферы.

Гидросфера, или водная оболочка Земли, представлена океанами, морями, озерами, реками и искусственными водоемами. Водная оболочка покрывает около 71% поверхности земного шара, наибольшая глубина в западной части Тихого океана достигает 11,5 км (Марианская впадина).

Литосфера, или земная кора, представляет собой внешнюю твердую оболочку земного шара мощностью в несколько десятков километров.

Атмосфера, или воздушная оболочка, состоит из нескольких слоев: тропосферы до 15 км высоты над поверхностью Земли; стратосферы, с озоновым экраном, простирающейся до 100 км высоты; ионосферы, представляющей слой разреженного газа, высотой до 500 км.

Биосфера охватывает, таким образом, верхнюю часть литосферы (до 15 км глубины), всю гидросферу и нижнюю часть атмосферы (тропосферу и нижние слои стратосферы, до 25 км высоты). Следовательно, в целом биосфера представляет слой распространения жизни мощностью по вертикали около 40 км, хотя реальные границы распространения живого более сужены.

Биосфера имеет мозаичное строение, слагаясь из экосистем, которые представляют собой уменьшенную модель биосферы. Сама же биосфера - глобальная экологическая система.

Совокупность живых организмов, населяющих биосферу, В.И. Вернадский называет живым веществом. Красной нитью в учении проходит мысль о том, что живое вещество - "функция биосферы", а биосфера - результат развития живого вещества.

В любой экосистеме живое вещество представлено тремя группами организмов:

1) автотрофы (продуценты) - самопитающиеся (от гр. "трофе" - питаюсь, "ауто" - сам, от лат. "продуцентис" - производящий). Это растения, которые используют световую энергию, чтобы продуцировать все сложные органические соединения своего тела из простых неорганических, присутствующих в окружающей среде;

2) гетеротрофы (консументы) - питающиеся другими существами (от гр. "гетерос" - другой; от лат. "консумо" - потребляю). К ним относятся самые разнообразные существа - от простейших до млекопитающих, включая человека. Животные, питающиеся непосредственно продуцентами, называются консументами первого порядка, или первичными. Их самих употребляют в пищу вторичные консументы. Бывают консументы более высоких порядков, причем некоторые виды соответствуют нескольким таким уровням. Первичные консументы называются растительноядными, или фитофагами. Консументы второго и более высоких порядков – плотоядные;

3) миксотрофы (редуценты) - разлагающие живые вещества (от греч. "миксис" - смешение; от лат. "редукцио" – возврат). Эти организмы (преимущественно бактерии, грибы, простейшие) в процессе жизнедеятельности разлагают органические остатки до минеральных веществ.

Суммарная масса (биомасса) живых организмов оценивается примерно в  $2,4 \cdot 10^{12}$  т.

Кроме живого вещества, В.И. Вернадский различал еще 3 категории веществ, т.е. всего 4: 1) живое вещество; 2) биогенное вещество - то, что возникло из живого (каменный уголь, нефть, торф, мел); 3) биокосное вещество - преобразованная организмами неорганика (почва, осадочные породы); 4) косное вещество - все, что не имело связи с живым (застывшая лава, вулканический пепел).

В пределах биосферы существуют 4 среды жизни: две мертвые (вода, воздух), одна биокосная (почва) и одна живая (организм). Среда жизни в пределах биосферы населены монобионтами (обитателями одной среды), дибионтами (обитателями двух сред) и полибионтами (живущими в трех или четырех средах).

Процессы, протекающие в экосистеме (число живых организмов, скорость их развития и т.п.), зависят от количества энергии, поступающей в экосистему, и от циркуляции веществ в экосистеме. Биосфера является энергетически незамкнутой системой, в которой идет поглощение энергии из внешней среды.

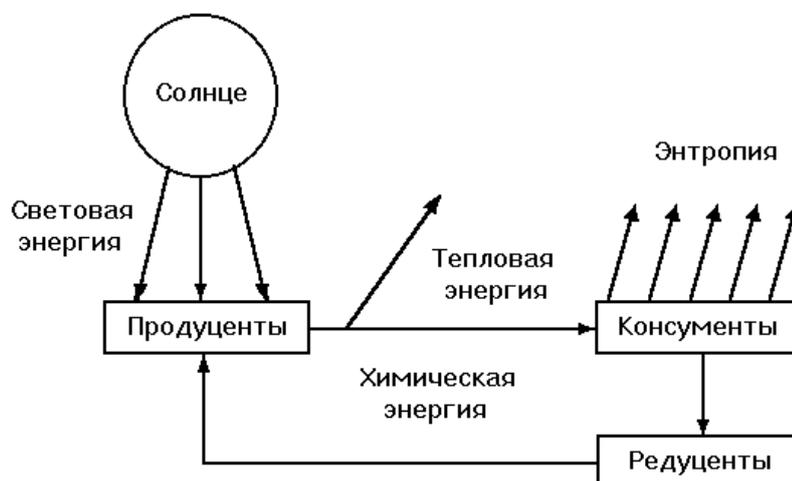


Рис. 2.1. Поток энергии в биосфере.

Непрерывный поток солнечной энергии, воспринимаясь молекулами живых клеток, преобразуется в энергию химических связей (рис. 2.1). Созда-

ваемые таким образом (например, при фотосинтезе) химические вещества последовательно переходят от одних организмов к другим: от растений к растительноядным животным, от них - к плотоядным животным первого порядка, затем второго и т.д. Этот переход рассматривается как последовательный упорядоченный поток вещества и энергии. Поток энергии в экосистемах полностью соответствует началам термодинамики. Часть потенциальной химической энергии пищи, высвобождаясь, позволяет организму осуществлять свои жизненные функции, т.е. "работать", и параллельно теряется в виде тепла, увеличивая энтропию, которая рассматривается как мера неупорядоченности системы.

Если бы поток солнечной энергии, поступающей на Землю, только рассеивался, то жизнь была бы невозможна, (система находилась бы в состоянии максимальной энтропии). Для того, чтобы энтропия системы не возрастала, организм или система должны извлекать из окружающей среды отрицательную энтропию - негэнтропию, т.е. работать против градиента. Для работы против градиента экологическая система должна получать энергетическую дотацию, которая и поступает в виде энергии Солнца. Живой организм извлекает негэнтропию из пищи, используя упорядоченность ее химических связей. Часть энергии теряется, расходуясь, например, на поддержание жизненных процессов, часть передается другим организмам. В начале же этого потока находится процесс автотрофного питания растений - фотосинтез, при котором повышается упорядоченность деградировавших органических и минеральных веществ. При этом энтропия уменьшается за счет поступления энергии Солнца.

Таким образом, все превращения энергии в экосистеме всегда соответствуют термодинамической модели незамкнутой системы.

За миллиарды лет своего существования биосфера прошла сложный путь развития, называемый эволюцией. На Земле широко распространены осадочные горные породы. Изучение их состава и заключенных в них органических ископаемых остатков дало возможность уже в первой половине XIX века установить определенную последовательность в их напластованиях. Были выделены слои с характерными для них останками животных и растений. Этим слоям дали наименования. По характерным горным породам были названы меловый и каменноугольный слои. Другие группы слоев получили свое название по местности, в которой их впервые обнаружили и изучили. Так появились отложения юрской, девонской, пермской, кембрийской и других систем.

Радиогеохронологический метод (исследование радиоактивного распада урана, содержащегося в минералах и горных породах, и превращения его в свинец) позволил установить начало и продолжительность каждого геологического периода. Самые древние горные породы были обнаружены в Сибири и в Австралии. Установлено, что общий возраст нашей Земли - немногим более 4,2 млрд. лет [15].

В.И. Вернадский сам не занимался проблемой возникновения жизни. Он рассматривал ее появление на Земле как некоторое "эмпирическое обобщение", т.е. как факт, данный нам в опыте - "так есть на самом деле". Вместе с тем он считал жизнь явлением космическим, не считая ее исключительной привилегией Земли [13].

В работе [16] высказываются предположения о том, что в период формирования планеты Земля извне на нее попало вещество углистых хондритов, богатое водой, за счет которой могла сформироваться гидросфера. Углистые хондриты содержат разнообразные органические соединения, в том числе нуклеотиды, аминокислоты, порфирины, образующие ядра молекул хлорофилла. Поэтому в первичных водоемах концентрация органических соединений изначально могла быть высокой.

Первые следы жизни найдены в слоях литосферы, образовавшихся около 3 млрд. лет назад.

По одной из гипотез, возникновению жизни предшествовало образование сложных органических молекул таких, как аминокислоты, которые образовались из метана, аммиака, водорода и паров воды в условиях высоких температур, ультрафиолетового излучения Солнца и повышенной вулканической деятельности [17].

Неравномерное распределение органических молекул в толще воды привело к образованию коллоидных сгущений - коацерватов ("коацерватус", лат. - собранный). Это первые предбиологические системы, которые обладали способностью к делению, избирательному поглощению веществ из окружающего раствора и могли избавляться от ненужных им соединений. Это явилось началом обмена веществ, возникновения процессов переноса энергии, обмена информацией.

В результате качественного скачка коацерватные капли приобрели способность к самовоспроизведению и превратились в простейшие живые организмы.

Следовательно, согласно рассматриваемой гипотезе, первый этап - возникновение и формирование биосферы, характеризуется развитием в гидросфере простейших водных монобионтов (гидробионтов). Это были одноклеточные прокариоты (организмы, не имеющие оформленного ядра), которые в ходе эволюции дифференцировались по разным линиям приспособления - на одноклеточных и многоклеточных, растения и животных, особей мужского и женского пола, продуцентов, консументов и редуцентов [14].

Постепенное увеличение в воде количества кислорода за счет жизнедеятельности организмов и его диффузия в атмосферу сделали возможным быстрое распространение жизни и развитие эукариотических (обладающих оформленным ядром) клеток, что привело к эволюции более сложных живых систем.

Считается, что первые клетки с ядром появились после того, как содержание кислорода в атмосфере достигло 3-4 %, что произошло примерно 1 млрд. лет назад.

Когда содержание кислорода около 700 млн. лет назад достигло примерно 8 %, появились первые многоклеточные организмы.

Примерно 600 млн. лет назад произошел эволюционный взрыв новых форм жизни таких, как губки, кораллы, черви, моллюски, морские водоросли и др.

Таким образом, длительный период (3500 - 400 млн. лет назад) вода была главной средой жизни, а эволюция в ней дошла до высших растений и позвоночных животных.

Вторым этапом эволюции биосферы можно считать появление у гидробионтов паразитов (временных вредных сожителей) и симбионтов (постоянных полезных сожителей). Это привело к формированию второй среды жизни - организма. Явление симбиоза (и паразитоза) продолжало развиваться и с появлением новых сред жизни (воздух, почва). Некоторые "сожители" вошли в столь тесные отношения с "хозяином", что стали своеобразными "органами" его тела. Например, человек получает витамин В1 от кишечной палочки. Известно, что в ряде случаев, если нет симбионтов, не развивается иммунитет.

Третий этап эволюции биосферы - выход организмов из водной среды на сушу, где под их непосредственным влиянием сформировались новые среды жизни - воздух и почва. Около 400 млн. лет назад имели место две фазы каледонского тектонического цикла, связанного с обнажением больших площадей мелководных морских акваторий. Органические остатки морских организмов, по-видимому, и были той первичной основой, на которой могли появиться сначала земноводные, а затем и сухопутные формы растений.

Выход растений на сушу представлял собой настоящую революцию в истории биосферы, так как развитие окислительной атмосферы в результате фотосинтеза способствовало возникновению многоклеточности, обеспечило выход жизни на сушу, стало причиной появления минералов в окисленной форме. Образование почвы изменило структуру поверхностного слоя планеты, создав условия для мощного развития растительности. Это создало предпосылки для выхода на сушу различных животных. В ископаемых остатках этого периода уже встречаются скорпионы, клещи, насекомые. Началось формирование наземных позвоночных. Некоторые амфибии приобрели способность размножаться вне воды. Появились первые пресмыкающиеся. Насекомые начали завоевывать воздушную среду. 190-230 млн. лет назад на суше имело место взрывное развитие пресмыкающихся. Это было время динозавров. Около 190 млн. лет назад появились первые млекопитающие, птицы.

Таким образом, около 400-350 млн. лет тому назад в биосфере сформировались четыре среды жизни, существующие и поныне: вода, почва, воздух

и организм. На протяжении последующей истории Земли шло развитие этих сред жизни, обогащался их химический состав, возникали новые обитатели.

Особое значение в эволюции живого вещества имел переход от бесполого размножения к половому и появление живорождения. Четвертым этапом эволюции биосферы следует считать появление живорождения у животных, которое привело к возникновению принципиально нового типа дибрионтных организмов: до рождения развивающихся в специальных органах тела матери, а после рождения ведущих свободный образ жизни в воде, воздухе или почве [14].

На протяжении последнего миллиона лет в биосфере появляется человек, внесший коренные изменения в ход ее дальнейшего развития. Поэтому пятым этапом эволюции биосферы следует считать социальный, когда человек из обычного биологического вида стал биосоциальным существом.

На данном этапе эволюции биосферы развивающийся человек все более активно входит в различные биоценозы и экосистемы. Он истребляет одни виды, приручает и окультуривает другие, создает новые сорта растений и породы животных. С самого начала своего разумного существования человек отличался неразумием по отношению к природе.

Сегодняшний период развития биосферы, нередко именуемый техносферой, ставит задачи срочного принятия мер по охране окружающей среды - внедрение малоотходных технологий, оборотного водоснабжения, рационального природопользования.

Шестой этап эволюции биосферы связан с ее переходом под влиянием разумной деятельности человека в состояние ноосферы (сферы Разума). Развитие жизни (биогенез), по представлениям В.И. Вернадского, пойдет по пути развития разума (ноогенеза).

В связи с развитием общества и усилением его отрицательных воздействий на биосферу, особенно с наступлением эпохи научно-технической революции, приведшей биосферу в состояние глобального экологического кризиса, переход биосферы в ноосферу отодвинулся на неопределенное время. Техносферу не следует считать особым этапом развития биосферы, а лишь результатом воздействия человека на окружающую среду в условиях развития современного общества, задерживающего переход к ноосфере. Следует отметить, что предотвратить изменение среды невозможно, как невозможно остановить прогресс человеческого общества. Очевидно, необходимо так управлять процессами взаимоотношений между человеком и биосферой, чтобы они были взаимно выгодны и чтобы развитие общества не привело к деградации биосферы.

В.И. Вернадскому принадлежит, в частности, идея о возможности превращения человеческого общества из гетеротрофной категории в социально автотрофную. В данном случае понятие "автотрофность" означает относительную независимость человека от продуктов, создаваемых биосферой. В силу своих биологических особенностей человек не может перейти к авто-

трофной ассимиляции, но общество способно осуществлять так называемый автотрофный способ производственной деятельности, под которым подразумевается замена высокомолекулярных природных соединений низкомолекулярными. Идея автотрофности привлекает тем, что подобное функционирование общества может быть минимально связано с нарушением природной среды.

Дальнейшее развитие биосферы и превращение ее в ноосферу не может быть стихийным процессом, а требует четкого управления; при стихийном развитии биосферы вероятны катастрофические в ней изменения из-за появления необратимых процессов, и губительных для всего живого веществ.

Для управления процессом развития биосферы необходимы правильные представления о самих процессах ее развития. Ключевым здесь является вопрос теоретического осмысления природы глобального экологического кризиса.

В [47, 48] академик РАН Н.Н. Моисеев на основе эмпирических обобщений представил вариант видения эволюции Вселенной - универсальный эволюционизм. Принятый Н.Н. Моисеевым подход восходит к В.И. Вернадскому, который в работе «О состоянии пространства в геологических явлениях. На фоне роста науки XX столетия» (1943 г.) привел описательную модель мира в виде системы трех Больших Принципов и двадцати эмпирических обобщений.

Проецируя на человеческое общество предлагаемый эволюционно-бифуркационный механизм эволюции Вселенной, Н.Н. Моисеев определяет экологические кризисы как состояние бифуркации процесса развития человечества и, в целом, биосферы. По Н.Н. Моисееву, эволюционно-бифуркационный процесс взаимодействия человечества с биосферой является, в сущности, движителем исторического процесса. В связи с этим Н.Н. Моисеев вводит понятие оптимально устроенного общества, то есть общества, находящегося в состоянии равновесия с биосферой. В силу стихийности процесса развития, на основе мутагенеза технология функционирования «оптимального» общества со временем «обрастает» принципами, деформирующими его, и устремляющими общество к состоянию бифуркации (взрыва, революции, нестационарности), из которого человечество выходит на новый уровень сложности структуры и функционирования общественного организма, на новый уровень разума человечества.

Переходя к рассмотрению современного состояния мирового сообщества, Н.Н. Моисеев определяет изжившим себя рыночный механизм хозяйствования, даже в его «исправленном, улучшенном» виде, каким он (рыночный механизм) представляется творцам концепции ускоренного развития [9]. Максимум того, что может дать реализация этой концепции - оттянуть «время буйства» очередного бифуркационного состояния, последствия которого непредсказуемы и в любом случае катастрофичны.

Главный шанс мирового сообщества и на этот раз благополучно выйти из экологического кризиса, не допустив его развития до «апогея бифуркации», академик Н.Н. Моисеев видит в срочном формировании человечеством системы экологических табу - экологических императивов, блокирующих развитие Глобального экологического кризиса.

Сегодня уровень потенциала Коллективного Разума человечества позволяет, по Н.Н. Моисееву, сформировать упомянутую систему экологических императивов уже в обозримом будущем. На это указывает и беспрецедентный характер Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.), и инициативы различных экологических движений, подобные инициативам движения «Друзья Земли» Голландии, обозначившие систему мер, предупреждающие превышение Голландией предельных норм загрязнения биосферы и расходования невозобновимых ресурсов [49]. Этому способствует стремительно возрастающая мощь информационно-аналитической компоненты Коллективного Разума в связи с развитием компьютерной техники и информатики. Менее вдохновляющая ситуация - в части духовной компоненты человечества, замечает Н.Н. Моисеев. В этой связи он обращает внимание на огромный духовный ресурс «нормативов жизни» человечества - Ветхого и Нового заветов, основополагающих документов мировых религий Востока.

Разумеется, точка зрения Н.Н. Моисеева на процессы в биосфере дает представление лишь об одном из вариантов модели этих процессов в переходный период эволюции Земли - от биосферы к ноосфере. Но, будучи представленной здесь даже в самых общих чертах, она дает представление о единстве, взаимоувязанности процессов в неживой и живой природе, в интеллектуальной и духовной сферах, о неоднозначности сегодняшнего ответа на вопрос о возможности управления человечеством процессами в биосфере.

## **2.2. Экологические факторы и их действие**

Распространение организмов от одной экосистемы к другой и от одной части экосистемы к ее другой части определяется различными факторами. Для экологии представляет интерес реакция организмов на факторы среды. Влияние факторов на живое характеризуется некоторыми количественными и качественными закономерностями.

### **2.2.1. Закономерности действия факторов**

Для разных видов условия, в которых они особенно хорошо себя чувствуют, неодинаковы. Например, некоторые растения предпочитают очень влажную почву, другие - относительно сухую. Одни требуют высокой температуры, другие лучше переносят пониженную.

Обозначим множество значений любого фактора в виде вектора, или шкалы. Жизнь возможна лишь при определенных значениях факторов, сово-

купность которых носит название экологического спектра [5]. Каждый вид характеризуется своим экологическим спектром.

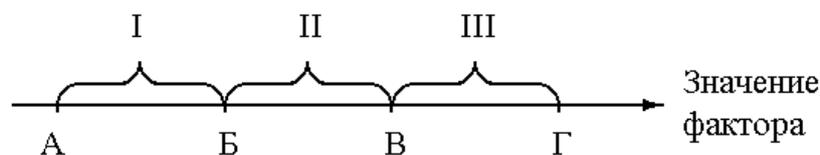


Рис. 2.2. Схема экологического спектра

А - нижняя граница жизни;

Б и В - границы нормальной жизнедеятельности;

Г - верхняя граница жизни.

I - зона минимума (зона стресса);

II - зона оптимума;

III - зона максимума (зона стресса).

Действие каждого фактора характеризуется наличием в пределах его общего спектра трех зон (рис. 2.2):

- 1) зоны нарушения жизнедеятельности вследствие недостатка фактора (зона минимума);
- 2) зоны нормальной жизнедеятельности (зона оптимума);
- 3) зоны нарушения жизнедеятельности вследствие избытка фактора (зона максимума).

При минимуме и максимуме фактора организм может жить, но не достигает расцвета (стрессовые зоны). Весь интервал значений фактора от минимального до максимального, при которых возможна жизнедеятельность организма, называют диапазоном устойчивости (толерантности).

В 1840 г. химик Юстус фон Либих, наблюдая за влиянием на растения химических удобрений, обнаружил, что ограничение дозы любого из них ведет к замедлению роста. Это позволило ученому сформулировать правило, которое носит название закона минимума Либиха.

Согласно этому закону, жизненные возможности лимитируют факторы, количество и качество которых близки к необходимому организму или экосистеме минимуму.

Закон относится ко всем влияющим на организм биотическим и абиотическим факторам и применим и к растениям, и к животным, и к человеку.

В 1913 г. американский ученый Шелфорд показал, что не только вещество, присутствующее в минимуме, может определять жизнеспособность ор-

ганизма, но и избыток какого-то элемента может приводить к нежелательным отклонениям. Например, при недостатке воды в почве ассимиляция растением минеральных веществ затруднена, но и при избытке воды возникают процессы гниения, закисание почвы.

Факторы, присутствующие как в избытке, так и в недостатке (по отношению к оптимальным требованиям организма), называются лимитирующими. Правило Шелфорда получило название закона лимитирующего фактора или закона толерантности.

### 2.2.2. Абиотические факторы

Среди химических и физических факторов среды выделим три группы факторов: климатические, факторы почвенного покрова и водной среды.

#### 1. Главнейшие климатические факторы:

##### 1. Лучистая энергия Солнца.

Преимущественное значение для жизни имеют инфракрасные лучи (длина волны больше 0,76 мкм), на долю которых приходится 45 % всей энергии Солнца. В процессах фотосинтеза наиболее важную роль играют ультрафиолетовые лучи (длина волны до 0,4 мкм), составляющие 7 % энергии солнечной радиации. Остальная часть энергии приходится на видимую часть спектра с длиной волны 0,4 - 0,76 мкм.

##### 2. Освещенность земной поверхности.

Она играет важную роль для всего живого, и организмы физиологически адаптированы к смене дня и ночи. Практически у всех животных существуют суточные ритмы активности, связанные со сменой дня и ночи.

##### 3. Влажность атмосферного воздуха.

Связана с насыщением воздуха водяными парами. В нижних слоях атмосферы (высотой до 2 км) концентрируется до 50% всей атмосферной влаги.

Количество водяного пара в воздухе зависит от температуры воздуха. Для конкретной температуры существует определенный предел насыщения воздуха парами воды, который называют максимальным. Разность между максимальным и данным насыщением воздуха парами воды называется дефицитом влажности (недостатком насыщения). Дефицит влажности является важным экологическим параметром, так как характеризует две величины: температуру и влажность.

Известно, что повышение дефицита влажности в определенные отрезки вегетационного периода способствует усиленному плодоношению растений, а у некоторых насекомых приводит к "вспышкам" размножения.

##### 4. Осадки.

Из-за конденсации и кристаллизации паров воды в высоких слоях атмосферы формируются облака и атмосферные осадки. В приземном слое образуются росы и туманы.

Влага - основной фактор, определяющий разделение экосистем на лесные, степные и пустынные. Годовая сумма осадков ниже 1000 мм соответствует стрессовой зоне для многих видов деревьев, а предел устойчивости большинства из них составляет около 750 мм/год. В то же время у большинства злаков такой предел значительно ниже – примерно 250 мм/год, а кактусы и другие пустынные растения способны расти при 50 - 100 мм осадков в год. Соответственно, в местах с количеством осадков выше 750 мм/год обычно развиваются леса, от 250 до 750 мм/год - злаковые степи, а там, где их выпадает еще меньше, растительность представлена засухоустойчивыми культурами: кактусами, полынями и видами перекати-поле. При промежуточных значениях годовой суммы осадков развиваются экосистемы переходного типа (лесостепи, полупустыни и т.д.).

Режим осадков является важнейшим фактором, определяющим миграцию загрязняющих веществ в биосфере. Осадки - одно из звеньев в круговороте воды на Земле.

#### 5. Газовый состав атмосферы.

Он относительно постоянен и включает преимущественно азот и кислород с примесью углекислого газа, аргона и других газов. Кроме того, в верхних слоях атмосферы содержится озон. В атмосферном воздухе присутствуют также твердые и жидкие частицы.

Азот участвует в образовании белковых структур организмов; кислород обеспечивает окислительные процессы; углекислый газ участвует в фотосинтезе и является естественным демпфером теплового излучения Земли; озон является экраном ультрафиолетового излучения. Твердые и жидкие частицы влияют на прозрачность атмосферы, препятствуя прохождению солнечных лучей к поверхности Земли.

#### 6. Температура на поверхности земного шара.

Этот фактор тесно связан с солнечным излучением. Количество тепла, падающего на горизонтальную поверхность, прямо пропорционально синусу угла стояния Солнца над горизонтом. Поэтому в одних и тех же районах наблюдаются суточные и сезонные колебания температуры. Чем выше широта местности (к северу и югу от экватора), тем больше угол наклона солнечных лучей к поверхности Земли и тем холоднее климат.

Температура, так же как и осадки, очень важна для определения характера экосистемы, правда, температура играет в каком-то смысле вторичную роль по сравнению с осадками. Так, при их количестве 750 мм/год и более развиваются лесные сообщества, а температура лишь обуславливает, какой именно тип леса удет формироваться в регионе. Например, еловые и пихтовые леса характерны для холодных регионов с мощным снежным покровом зимой и коротким вегетационным периодом, т. е. для севера (Томская обл.) или высокогорий. Листопадные деревья также в состоянии переносить морозную зиму, но требуют более долгого вегетационного периода, поэтому преобладают на умеренных широтах. Мощные вечнозеленые широколи-

венные породы с быстрым ростом, не способные выдержать даже кратковременных заморозков, доминируют в тропиках (вблизи экватора). Точно также любая территория с годовой суммой осадков менее 250 мм представляет собой пустыню, но по своей биоте пустыни жаркого пояса существенно отличаются от свойственных холодным регионам.

#### 7. Движение воздушных масс (ветер).

Причина ветра - неодинаковый нагрев земной поверхности, связанный с перепадами давления. Ветровой поток направлен в сторону меньшего давления, т.е. туда, где воздух более прогрет. В приземном слое воздуха движение воздушных масс оказывает влияние на все параметры: влажность, и т.д. Ветер - важнейший фактор переноса и распределения примесей в атмосфере.

#### 8. Давление атмосферы.

Нормальным считается давление 1 кПа, соответствующее 750,1 мм. рт. ст. В пределах земного шара существуют постоянные области высокого и низкого давления, причем в одних и тех же точках наблюдаются сезонные и суточные минимумы и максимумы давления.

#### II. Абиотические факторы почвенного покрова

Почва - особое природное образование, обладающее рядом свойств, присущих живой и неживой природе, сформировавшееся в результате длительного преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием гидросферы, атмосферы, живых и мертвых организмов.

Согласно определению В.Р. Вильямса, почва - это рыхлый поверхностный горизонт суши, способный производить урожай растений. Следовательно, важнейшим свойством почвы является ее плодородие, которое определяется физическими и химическими свойствами почвы.

По определению В.В. Докучаева, почва - природная среда, включающая твердые, жидкие и газообразные компоненты. Почва постоянно развивается и изменяется, вследствие чего существует большое разнообразие ее типов.

В результате перемещения и превращения веществ почва расчленяется на отдельные слои, или горизонты, сочетание которых составляет профиль почвы (рис. 2.3.)



Рис. 2.3. Профиль почвы

Поверхностный горизонт, подстилка или дернина, состоит большей частью из свежепавших и частично разложившихся листьев, веток, останков животных, грибов и других органических веществ. Окрашен обычно в темный цвет - коричневый или черный. Лежащий под ним гумусовый горизонт  $A_1$ , как правило, представляет собой пористую смесь частично разложившегося органического вещества (гумуса), живых организмов и некоторых неорганических частиц. Обычно он более темный и рыхлый, чем нижние горизонты. В этих двух верхних горизонтах сконцентрирована основная часть органического вещества почвы и корни растений. О почвенном плодородии многое может сказать ее цвет. Например, темно-коричневый или черный гумусовый горизонт богат органическими веществами и азотом. В серых, желтых или красных почвах органического вещества мало, и для повышения их урожайности требуются азотные удобрения.

В лесных почвах под горизонтом  $A_1$  залегает малопродуктивный подзолистый горизонт  $A_2$ , имеющий светлый оттенок и непрочную структуру. В черноземных, темно-каштановых, каштановых и других типах почв этот горизонт отсутствует. Еще глубже во многих типах почв расположен горизонт В-иллювиальный, или горизонт вмывания. В него вмываются и в нем накапливаются минеральные и органические вещества из вышележащих горизонтов. Чаще всего он окрашен в бурый цвет и имеет большую плотность. Еще ниже залегает материнская горная порода С, на которой формируется почва.

Все горизонты почвы представляют собой смесь органических и минеральных элементов. Свыше 50 % минерального состава почвы составляет кремнезем ( $SiO_2$ ), остальную часть могут составлять глинозем, оксиды железа, магния, калия, фосфора, кальция. Органические вещества, поступающие в

почву с растительным опадом, включают углеводы, белки, жиры, смолы, дубильные вещества. Органические остатки в почве минерализуются с образованием более простых веществ (вода, диоксид углерода, аммиак и др.) или превращаются в перегной, или гумус.

Механический состав почв (содержание частиц разной величины) - одно из наиболее важных физических характеристик. Установлены четыре градации механического состава: песок, супесь, глина и суглинков. От механического состава зависят водопроницаемость почвы, ее способность удерживать влагу и др. Кроме того, каждая почва характеризуется плотностью, тепловыми и водными свойствами. Большое значение для почвы имеет насыщенность ее воздухом и способность к такому насыщению, т.е. аэрация.

Химические свойства почвы зависят от содержания минеральных веществ, которые находятся в ней в виде растворенных ионов. Кислотность или щелочность почвы представляет собой еще один фактор, определяющий наличие той или иной растительности. Почвы, имеющие рН менее 7, считаются кислыми; при рН = 7 - нейтральными, при рН выше 7 - щелочными.

Сельскохозяйственные культуры отличаются по степени толерантности к кислоте. Наиболее богата видами флора нейтральных почв. На слегка кислых почвах лучше всего растут пшеница, горох, кукуруза, томаты, на очень кислых - картофель и ягоды.

В почве обитает множество видов растительных и животных организмов, влияющих на ее физико-химические характеристики: бактерии, водоросли, грибы или простейшие одноклеточные, черви и членистоногие. Дождевые черви, личинки жуков, клещи разрыхляют почвы и этим способствуют ее аэрации. Кроме того, они перерабатывают трудно расщепляемые органические вещества.

Органические вещества вырабатываются растениями при использовании минеральных солей солнечной энергии и воды. При этом почва теряет минеральные элементы, которые растения взяли из нее. Обычно потери минеральных веществ восполняются внесением минеральных удобрений, которые, в основном, прямо не могут быть использованы растениями. Они должны быть трансформированы микроорганизмами в биологически доступную форму. При отсутствии таких микроорганизмов почва теряет плодородие.

### III. Абиотические факторы водной среды

Вода занимает преобладающую часть биосферы Земли (71 % общей площади земной поверхности).

Важнейшими абиотическими факторами водной среды являются следующие:

#### 1. Плотность и вязкость.

Плотность воды в 800 раз, а вязкость - примерно в 55 раз больше, чем воздуха.

#### 2. Теплостойкость.

Вода обладает высокой теплоемкостью, поэтому океан является главным приемником и аккумулятором солнечной энергии.

### 3. Подвижность.

Постоянное перемещение водных масс способствует поддержанию относительной гомогенности физических и химических свойств.

### 4. Температурная стратификация.

По глубине водного объекта наблюдается изменение температуры воды.

### 5. Периодические (годовые, суточные, сезонные) изменения температуры

Самой низкой температурой воды считают  $-2^{\circ}\text{C}$ , самой высокой  $+35-37^{\circ}\text{C}$ . Динамика колебаний температуры воды меньше, чем воздуха.

### 6. Прозрачность воды.

Определяет световой режим под поверхностью воды. От прозрачности (и обратной ей характеристики - мутности) зависит фотосинтез зеленых бактерий, фитопланктона, высших растений, а следовательно, и накопление органического вещества.

Мутность и прозрачность зависят от содержания взвешенных в воде веществ, в том числе и поступающих в водные объекты вместе с промышленными сбросами. В связи с этим прозрачность и содержание взвешенных веществ - важнейшие характеристики природных и сточных вод, подлежащие контролю на промышленном предприятии.

### 7. Соленость воды.

Содержание в воде карбонатов, сульфатов, хлоридов имеет большое значение для живых организмов. В пресных водах солей мало, причем преобладают карбонаты. Воды океана содержат в среднем 35 г/л солей, Черного моря - 19 г/л, Каспийского - около 14 г/л. Здесь преобладают хлориды и сульфаты. В морской воде растворены практически все элементы периодической системы.

### 8. Растворенный кислород и диоксид углерода.

Перерасход кислорода на дыхание живых организмов и на окисление поступающих в воду с промышленными сбросами органических и минеральных веществ ведет к обеднению живого населения вплоть до невозможности обитания в такой воде аэробных организмов.

### 9. Концентрация водородных ионов (рН).

Все гидробионты приспособились к определенному уровню рН: одни предпочитают кислую среду, другие - щелочную, третьи - нейтральную. Изменение этих характеристик может привести к гибели гидробионтов.

### 2.2.3. Биотические факторы

К биотическим факторам относятся [2]:

- а) фитогенные: растительные организмы;
- б) зоогенные: животные;
- в) микробиогенные: вирусы, простейшие, бактерии.

Различают следующие *категории биотических факторов* [6]:

I. **Топические** - взаимоотношения на почве совместного обитания.

Это могут быть простые механические взаимодействия - явление охлестывания одних деревьев ветками других. Одни организмы используют другие в качестве субстрата: лиана обвивается вокруг дерева и сдавливает его. Одни растения живут на других: мхи, лишайники, Птицы широко используют организм в виде субстрата, например, выют гнезда на деревьях. В мире микроорганизмов наблюдается явление антагонизма - подавление развития других видов, для чего происходит образование антибиотиков (пенициллина, стрептомицина и др.) Происходит значительное изменение среды обитания - зарастание озера, превращение его в болото.

II. **Трофические** - взаимоотношения на почве питания.

Растения (продуценты) создают первичное органическое вещество на Земле и обеспечивают энергией другие живые организмы. Продуценты и питающиеся ими консументы образуют два первых звена трофической цепи - цепи последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим. Не все организмы для удовлетворения своих физиологических потребностей ограничиваются потреблением растительной пищи. Плотоядные животные используют животные белки со специфическим набором аминокислот. Они являются консументами второго порядка. Вторичный консумент может служить источником питания для консумента третьего порядка и т.д.

В процессе питания на всех трофических уровнях образуются "отходы", которые разлагаются редуцентами (еще одно звено трофической цепи) до минеральных веществ. Минеральные вещества, а также углекислый газ, выделяющийся при дыхании редуцентов, вновь возвращаются к продуцентам.

Наиболее распространенный тип взаимоотношений между живыми организмами - хищничество, которое наблюдается не только среди позвоночных животных, но и среди насекомых, червей, моллюсков, простейших, бактерий и растений.

Другой тип взаимоотношений - паразитизм в различных формах. В самом обычном случае организм - паразит постоянно живет на теле или внутри тела другого животного (хозяина). Такой паразитизм носит название истинного в отличие от периодического, при котором паразит на хозяине развивается лишь временно.

Нередко случается, что два различных вида организмов взаимодействуют таким образом, что приносят друг другу взаимную пользу. Такие взаимовыгодные межвидовые взаимодействия называются мутуализмом. Хорошим примером последнего являются азотфиксирующие бактерии, живущие в клубеньках на корнях бобовых растений. Бактерии способны превращать атмосферный азот в аммонийную форму, пригодную для питания растений. Растения, таким образом, обеспечивают бактерии местообитанием и пищей (сахарами), получая от них взамен доступную форму азота.

Еще один тип межвидовых взаимодействий - комменсализм - характеризуется тем, что один из двух видов извлекает из такого взаимодействия пользу, тогда как на другом это практически никак не отражается (ни положительно, ни отрицательно). Например, в океане некоторые виды рачков селятся на челюстных костях китов. В результате такого сожительства рачки приобретают безопасное убежище и стабильный источник пищи. Для кита от такого соседства, очевидно, нет никакой пользы, но и вреда оно тоже не приносит. Известны также такие типы взаимоотношений, как форезия - перенос одних организмов (рыбы-прилипалы) другими; нейтраллизм - взаимозависимость совместно обитающих видов; синойкия - использование чужих нор и гнезд; аменсализм - один в присутствии другого не может нормально питаться и развиваться - и множество других. Все они в совокупности представляют собой сложную структуру трофических факторов.

III. *Генеративные* - взаимоотношения на почве размножения.

Примером таких отношений является перекрестное опыление: ветроопыляемые и животноопыляемые растения, половой отбор у животных - борьба между самцами за обладание самкой.

К этой же категории отношений относится забота о потомстве: выкармливание, защита, обучение потомства.

Расселение видов происходит различными путями: летучки у растений, прикрепление семян к покровам животных, образование мясистых плодов, ягод и орехов, привлекающих животных, которые содействуют таким образом расселению растений.

#### 2.2.4. Антропогенные факторы

С появлением человека на Земле естественные процессы, протекающие в окружающей среде, меняются. Антропогенный фактор – природообразующая деятельность людей, явившаяся новой движущей силой развития природы.

Вначале воздействие этого фактора проявлялось в ничтожных масштабах, но постепенно - с накоплением знаний, с использованием огня, с совершенствованием орудий труда и ростом численности населения планеты - воздействие возрастало и становилось все более ощутимым.

Первобытные племена охотников - собирателей во многом напоминали других всеядных консументов естественных экосистем. Около 12 тыс. лет назад возникло сельское хозяйство. При этом происходил процесс отбора отдельных дикорастущих видов и создания условий для того, чтобы на нем развивались преимущественно данные растения. Эти растения защищаются человеком от конкуренции (с сорняками) и потенциальных консументов, а также обеспечиваются дополнительным питанием. Происходит приручение и селекция животных, которые охраняются от хищников и получают корма для оптимального роста и развития.

Люди, таким образом, стали создавать собственную, отличную от естественных экосистем человека (антропоэкосистему). С точки зрения "мощности" (способности к росту, размножению и распространению) антропоэкосистема представляет собой исключение среди прочих. Ее возникновение позволило людям в десятки тысяч раз увеличить свою численность и расселиться по всей планете. Однако это не означает, что принцип лимитирующих факторов неприменим к экосистеме человека. Просто способность человека мыслить и изготавливать орудия труда позволила ему, хотя бы временно, преодолеть действие обычных лимитирующих факторов. Но, как писал Ф. Энгельс, разумная, по своим намерениям, деятельность людей в большинстве случаев в масштабе биосферы оказывается не только малоразумной, но и разрушительной. Ни одна экосистема на Земле не избежала влияния человека, некоторые из них уже полностью уничтожены.

Полностью отказаться от использования природных ресурсов невозможно, но человеку надо тщательно контролировать свое воздействие на окружающую среду. Нельзя забывать, что, во-первых, даже единственный фактор, не соответствующий зоне оптимума, уже приводит к стрессу и угрозе для организма, а, во-вторых, изменение любого, биотического или абиотического, фактора вызывает цепную реакцию с далеко идущими последствиями. Современные тенденции развития ведут к изменениям условий среды в глобальных масштабах - это и кислотные дожди, и разрушение озонового экрана, и потепление климата из-за поступления в атмосферу двуокиси углерода при сжигании топлива. Наблюдается резкое изменение окружающей среды в результате загрязнения почв, водоемов, нерационального водопотребления. Большой вред естественным экосистемам наносит истребление различных видов животных и растений, а также случайная или целенаправленная интродукция видов из одних экосистем в другие.

Сейчас антропоэкосистема находится в стадии быстрого роста, существование свое человек поддерживает за счет эксплуатации водных, почвенных, энергетических и других ресурсов. Истощение их запасов может привести к социальным конфликтам, чреватым разрушением всей цивилизации.

К счастью, у человечества есть альтернативный путь, ведущий к устойчивому развитию. Важнейшей особенностью последнего должно стать признание пределов нашего выбора, ограниченного такими природными факто-

рами, как, например, истощение ресурсов или нарушение экосистемы и проведение соответствующих мероприятий. Первые шаги в этом направлении уже делаются. К ним относятся планирование семьи, создание заповедных территорий, контроль за загрязнением среды и т.п. В дальнейшем мы подробнее остановимся на рассмотрении этих вопросов.

### **2.2.5. Адаптация живых организмов к экологическим факторам**

Адаптации - эволюционно выработанные и наследственно закрепленные особенности живых организмов, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность в условиях динамичных экологических факторов. Другими словами, это процесс приспособления организма к определенным условиям окружающей среды.

Любой живой организм может обитать лишь там, где режимы экологических факторов соответствуют необходимым условиям. Особи, не приспособленные к данным или изменяющимся условиям, вымирают.

Рассмотрим некоторые примеры адаптаций.

#### **I. Морфологические адаптации.**

Пример морфологических адаптаций - строение организмов, обитающих в воде, в частности, приспособления к быстрому плаванию у китообразных, приспособления к парению в воде у планктонных организмов. Растения, обитающие в пустынях, лишены листьев, и их строение наилучшим образом приспособлено к минимальным потерям влаги. Обитатели почвы имеют прочные покровы, кожное дыхание, вальковатую форму тела, редукцию глаз.

#### **II. Физиологические адаптации.**

Эти адаптации заключаются, например, в том, что обитатели пустынь способны обеспечивать потребность во влаге путем биохимического окисления жиров. Биохимические процессы фотосинтеза отражают способность растений создавать из неорганических веществ органические в условиях строго определенного газового состава атмосферного воздуха. Состав пищи определяет особенности ферментативного набора в пищеварительном тракте животных.

#### **III. Поведенческие адаптации.**

Приспособительное поведение может проявляться у хищников в процессе выслеживания и преследования добычи, а у жертв - в ответных реакциях (затаивание, например). Некоторые насекомые отпугивают хищников и паразитов резкими движениями. Существуют формы приспособительного поведения животных, направленные на обеспечение нормального теплообмена с окружающей средой: создание убежищ, передвижение с целью выбора оптимальных температурных условий, особенно в условиях экстремальных температур.

### 2.3. Популяция, ее структура и динамика

Все живые организмы существуют только в форме популяций. Изучение структуры и динамики популяций имеет большое практическое значение. Не зная закономерностей жизнедеятельности популяций, нельзя обеспечить разработку научно обоснованных инженерных мероприятий по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

В общем случае популяцией называют совокупность особей одного вида, населяющих определенное пространство, внутри которого осуществляется та или иная степень обмена генетической информацией (панмиксия) [2].

Популяция, по мнению академика С.С. Шварца, дирижирует свою судьбу, дирижуя физиологическим состоянием слагающих ее индивидов. Это очень важное положение, подчеркивающее сложность внутрипопуляционных процессов, взаимоотношений между особями, слагающими популяцию.

Каждая популяция имеет определенную структуру: возрастную (соотношение особей разного возраста), сексуальную (соотношение полов), пространственную (колонии, семьи, стаи и т.п.). Кроме того, каждая популяция, обитающая в том или ином месте, имеет определенную численность и амплитуду колебаний этой численности. Структура популяции, ее численность и динамика численности определяется экологической нишей данного вида, а именно: соответствием условий местообитания (т.е. режима факторов среды) требованиям (т.е. толерантности), слагающих популяцию организмов.

Поэтому, прямо или косвенно влияя на животный и растительный мир, человек всегда воздействует на популяции, меняет их параметры и структуру, зачастую нарушая их соответствие реальным режимам экологических факторов. В ряде случаев это может привести к гибели популяции.

Типичный пример - резкое снижение численности многих животных, которые ныне занесены в Красную книгу и рассматриваются как исчезающие или находящиеся на грани уничтожения. Их крайне низкая численность исключает возможность случайного (в статистическом смысле) скрещивания, а значит, и не дает материала для естественного отбора. Крайний случай - это уничтожение (геноцид) вида, особенно если вид состоит из одной популяции. Так произошло со стеллеровой коровой, странствующим голубем, европейским быком - туром.

Охрана природы, таким образом, должна состоять в таком сохранении режимов экологических факторов, при котором не разрушаются экологические ниши, обеспечивается нормальное функционирование популяций живых организмов, соответствие их состава и структуры конкретным условиям обитания.

Основные параметры популяции - ее численность и плотность.

Численность популяции - это общее количество особей на данной территории или в данном объеме.

В любой природной системе поддерживается та численность особей в популяциях обитающих здесь животных и растений, которая в наибольшей степени отвечает интересам воспроизводства. Режим численности зависит от постоянно действующих регулирующих (управляющих) экологических факторов.

Популяции могут быть более или менее многочисленными: у одних видов они представлены десятками экземпляров, у других - десятками тысяч. Популяции бактерий или простейших в активном иле аэротенков (устройство для очистки сточных вод) состоят из миллиардов особей.

Численность бактерий в аэротенке или биофильтре определяет качество работы этих сооружений. В сельском и лесном хозяйстве от численности растительных видов зависит наносимый ими ущерб. Не зная фактической численности и состояния популяций редких и исчезающих видов, невозможно вести работу по их охране и воспроизводству.

Для того, чтобы сравнить численность одной и той же популяции в разные отрезки времени, например, в разные годы, пользуются таким относительным показателем, как плотность популяции.

Плотность популяции - численность популяции, отнесенная к единице занимаемого ею пространства или среднее число особей на единицу площади или объема.

Так, плотность популяции лося и других теплокровных животных определяется количеством особей, приходящихся на 10 тыс. га, население почвенных беспозвоночных соотносится с квадратным метром. При характеристике популяций микроорганизмов в активном иле используют количество особей в 1 см<sup>3</sup>.

Зная изменение плотности во времени или пространстве, можно установить, увеличивается или уменьшается численность особей. Динамика плотности популяций отражает сложные закономерности взаимоотношений между различными животными, между животными и растениями, поскольку все они являются биотическими факторами по отношению друг к другу. Плотность может зависеть и от колебаний абиотических факторов среды. Для каждого вида существуют оптимальные пределы плотности его популяций. Варьирование плотности в объеме каждой популяции зависит от состояния всей экологической системы.

Численность и плотность популяции - не случайные величины. Они предопределены не только режимами экологических факторов в данное время, но и всем предшествующим развитием данной популяции, предыдущих поколений в том или ином сообществе. Принято говорить, что объем популяции определяется стационарной (стация - местообитание) емкостью экосистемы для представителей популяции данного вида или емкостью места локализации экологической ниши.

Колебания численности живых организмов, населяющих ту или иную экологическую систему, имеют очень важное значение для человека, по-

скольку многие животные и растения являются объектами его хозяйственной деятельности или причиной какого-либо ущерба. Поэтому знание закономерностей динамики численности популяций необходимо для прогнозирования возможных нежелательных явлений и внесения в случае необходимости корректив в эту динамику с целью управления ею.

Изменение численности особей в популяции влияет на плотность. Если плотность изменяется в практически постоянном объеме стаии, увеличение численности особей возможно лишь до определенного предела, который допускает емкость экологической ниши. В конкретный момент времени численность особей в популяции отражает ее рождаемость и смертность. В зависимости от соотношения этих показателей говорят о балансе популяции. Если рождаемость выше, чем смертность, то популяция численно растет и наоборот.

Рождаемость популяции - численно выраженная способность популяции к увеличению, или количество особей, родившихся за определенный период.

Эта способность зависит от множества факторов: соотношения в популяции самцов и самок, количества половозрелых особей, плодовитости, числа поколений в году, обеспеченности кормом, влияния погодных условий и др. Низкая плодовитость, характерная для тех видов, которые проявляют большую заботу о потомстве, и, наоборот, высокая плодовитость говорит о плохих условиях выживания. Например, рыба - луна, которая совершенно не заботится о своем потомстве, откладывает порядка 300 млн. икринок. Такие заботливые родители, как горбуша и корюшка откладывают 1500 и 100 икринок, соответственно. Они охраняют икру и личинки от вредных внешних воздействий и от уничтожения ее хищниками. Некоторые насекомые способны давать 2-3 поколения в год, т.е. 2-3 раза в году откладывают яйца в количестве нескольких сотен; мышевидные грызуны, с периодом беременности около месяца и коротким периодом становления половой зрелости, дают 5-6 поколений; крупные теплокровные животные вынашивают плод несколько месяцев, достигают способности к воспроизводству на 3-4-й год и рожают всего 1-2 детенышей. Бактерии и простейшие, размножающиеся делением, повторяют этот акт многократно в течение нескольких часов.

Итак, если в популяции имеется 500 способных к размножению особей ( $N_0 = 500$ ) и в течение 10 дней ( $\Delta T = 10$ ) родилось 50 новых ( $\Delta N_0 = 50$ ), то рождаемость составит  $R = 50 : 10 = 5$ , или в пересчете на одну особь  $R = \Delta N_0 / (\Delta T * N_0) = 50 / (10 * 500) = 0,01$ .

Смертность популяции ( $C$ ) - это количество особей, погибших за определенный период.

Она бывает очень высокой и изменяется в зависимости от условий среды, возраста и состояния популяции. У большинства видов смертность в раннем возрасте всегда бывает выше, чем у взрослых особей. Однако встречаются

ся и такие виды, у которых смертность приблизительно одинакова во всех возрастах или преобладает у особей старших возрастов (рис. 2.4.).

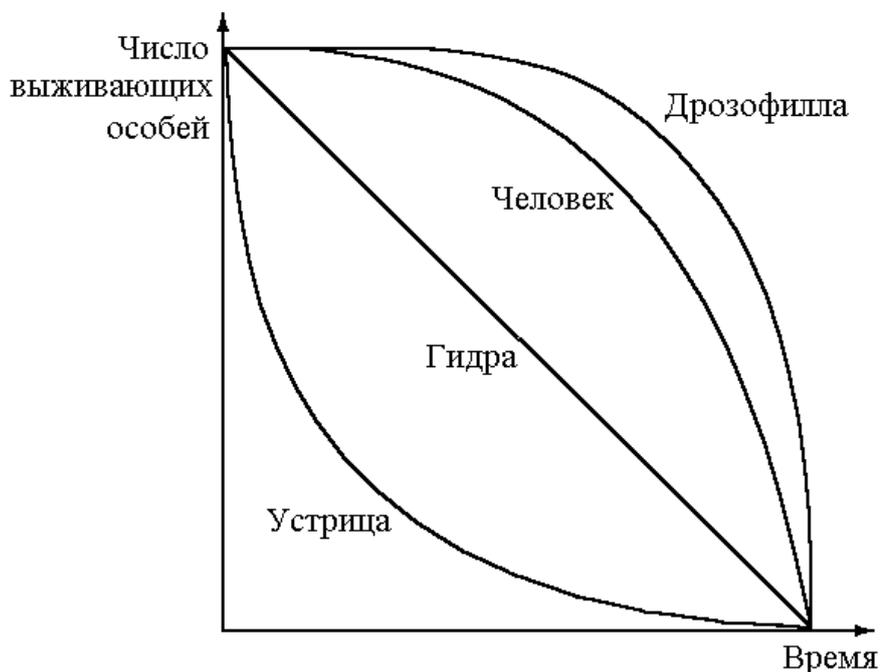


Рис. 2.4. Кривые выживания

Факторы смертности очень разнообразны. Она может быть вызвана влиянием абиотических факторов (низкие и высокие температуры, ливневые осадки и град, избыточная и недостаточная влажность и др.), биотическими факторами (отсутствие корма, инфекционные заболевания, враги и т.д.), в том числе и антропогенными (загрязнение окружающей среды, уничтожение животных, вырубка деревьев и др.).

Учитывая в тех или иных практических задачах численность популяции, всегда имеют дело с выжившими на данный момент времени особями. Поэтому фактической характеристикой состояния популяции является выживаемость. Под выживаемостью понимается доля особей в популяции, доживших до определенного момента времени или до возраста размножения. Кривые выживания, приведенные на рис. 2.4., отображают естественную смертность в каждой популяции.

У людей в первой половине жизни процент смертности незначителен, затем резко возрастает. Нечто похожее - у дрозофилы и у большинства насекомых. У гидры, у чайки - смертность постоянна на протяжении всей жизни. У устрицы - высокий процент смертности у молодых особей и низкий у пожилых.

У большинства видов продолжительность жизни самок намного больше, чем самцов.

Если поместить популяцию в стабильную среду, из которой искусственно изъяты все ограничивающие факторы, то численность популяции будет возрастать по экспоненциальному закону как функция времени.

Естественный прирост популяции можно представить отношением числа особей, на которое увеличилась популяция за единицу времени к начальному значению ее численности.

$$r = dN / N dt, \quad (1)$$

где  $N$  - количество особей популяции в момент времени  $t$ ;  
 $dN$  - число особей, на которое увеличилась популяция за время  $dt$ ;  
 $r$  - показатель естественного прироста популяции.

Из (1)

$$dN = r N dt.$$

Проинтегрировав это выражение, получаем

$$N = N_0 e^{rt} \quad (2)$$

График, иллюстрирующий зависимость (2), приведен на рис. 2.5.

Таков случай человеческой популяции, зависимость численности которой от времени описывается экспонентой, во всяком случае, до настоящего времени.

Опыт показывает, что люди являются исключением - никакой другой вид животных не следует этому закону. Существуют ограничивающие факторы, которые приводят количество особей каждого вида к оптимальному значению, совместимому со средой его обитания.

Например, если при очень благоприятных условиях популяция дает вспышку размножения, то начинают складываться условия конкуренции между особями. Тогда для популяции выгодно, чтобы часть особей перестала размножаться и рост численности замедлился. Такие механизмы в природе работают очень четко.

Возьмем грызунов. На каком-то этапе их размножения, при определенной плотности внутри сообщества, начинают обостряться внутренние отношения - из-за территории, из-за самок. Агрессивные формы отношений начинают преобладать над коммуникативными. Возникает обстановка стресса, который может увеличить гибель особей в популяции или заблокировать поступление в кровь половых гормонов. Не обязательно это происходит через стресс, есть и другие механизмы.

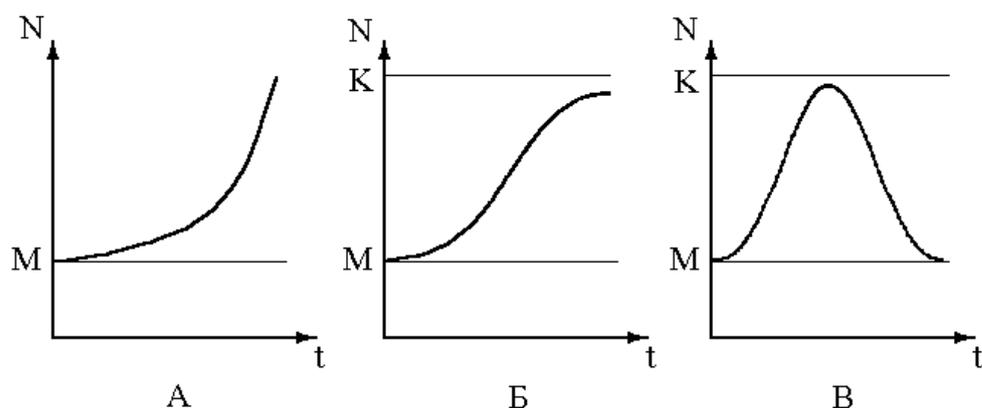


Рис. 2.5. Некоторые типы динамики популяций:

А - j-образная кривая экспоненциального роста;

Б - s-образная (логистическая) кривая;

В - экспоненциальный рост и такое же падение численности;

М и К - нижний и верхний пределы возможной численности.

Нередка и противоположная картина: если чрезмерно расплодился хищник или мало корма, то популяция резко сокращается. Тогда включаются механизмы, стимулирующие размножение.

Идет процесс саморегуляции - популяция всегда стремится достичь оптимального уровня своей численности.

Мы сталкиваемся с этим в реальной жизни. Например, ведем борьбу с грызунами с помощью ядов. Стопроцентного уничтожения вредителей никогда не удастся достичь. Кто-то засел в норе, кто-то был за пределами зон обработки. И вот эти уцелевшие единичные представители через некоторое время, усиленно размножаясь, восстанавливают численность популяции.

Следовательно, всегда существует предельно высокая (К) и низкая (М) численность и плотность популяции, переступить которые для популяции невозможно, рис. 2.5.

В этом случае возможны два варианта дальнейшей динамики данной популяции:

1. Численность стабилизируется и в целом ее динамика будет характеризоваться так называемой логистической (S - образной) кривой (рис. 2.5.Б).

Скорость роста численности популяции в этом случае определится следующим выражением:

$$dN / dt = rN [(K - N) / K], \quad (3)$$

где  $[(K-N) / K]$  - "сопротивление среды" (совокупность факторов, препятствующих неограниченному росту численности популяции).

2. После достижения предела  $K$  наступает массовая гибель особей, возвращающая численность популяции к некоторому нижнему пределу, после чего нарастание может начаться вновь (рис. 2.5.В). Подобные колебания численности около среднего значения (предельной биотической нагруженности среды) типичны для многих животных.

Итак, тип динамики популяции отражает соответствие требований организма реальным условиям окружающей среды. Антропогенные воздействия способны существенно влиять на динамику популяций, отклоняя сложившиеся исторически типы от установившейся нормы.

## 2.4. Экологическая система

В предыдущей главе были даны основные понятия и определения, касающиеся экосистемы и близкого ей понятия "биогеоценоз".

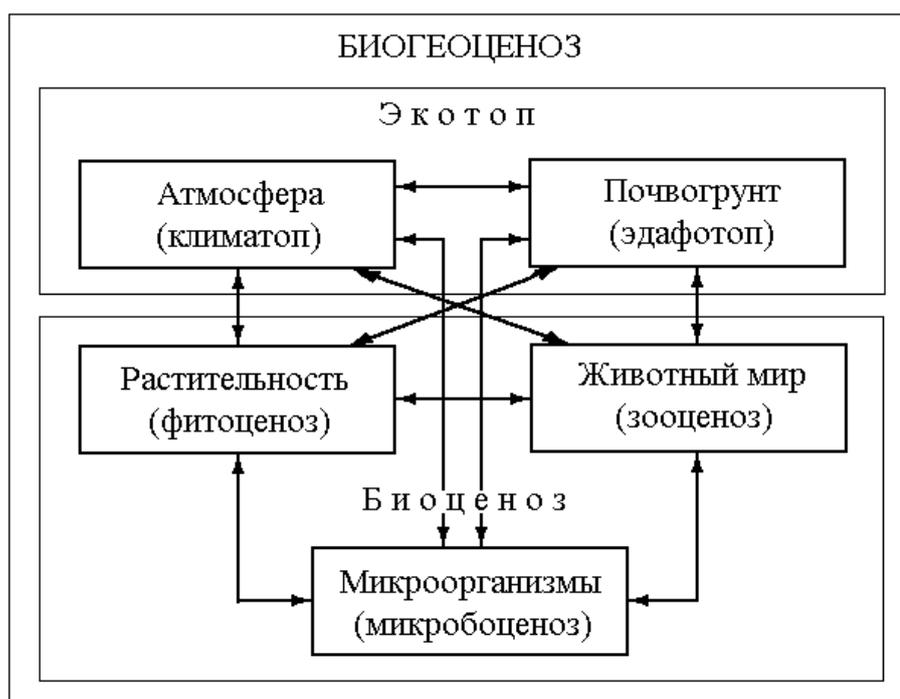


Рис. 2.6. Схема биогеоценоза

В соответствии с приведенными выше формулировками биогеоценоз включает две главные составляющие: совокупность на определенной территории абиотических факторов, т.е. экотоп, и совокупность живых организмов - биоценоз (рис. 2.6.). В свою очередь, экотоп состоит из совокупности климатических (климатопоп) и почвенно-грунтовых (эдафотоп) факторов, а биоценоз включает сообщества животных (зооценоз), растений (фитоценоз) и микроорганизмов (микробоценоз). Одно из важнейших свойств биогеоценоза - взаимосвязь и взаимозависимость всех его компонентов, что обозначено

стрелками на рис. 2.6. Климат обуславливает состояние и режим почвенных факторов, создает среду обитания живых организмов. Почва, в свою очередь, оказывает влияние на климат (от окраски поверхности почвы зависит ее отражательная способность-альбеда, а значит температура, влажность воздуха), а также влияет на животных, растения и микроорганизмы. Все живые организмы тесно связаны между собой, являясь друг для друга либо источником пищи, либо средой обитания, либо факторами смертности.

Стрелки на рисунке означают каналы передачи информации между различными компонентами биогеоценоза. Человек своей деятельностью способен прямо или косвенно прерывать эти каналы и потоки вещества и энергии или искажать их. Антропогенная деятельность всегда направляла на биогеоценозы (экосистемы), вне которых нет жизни на Земле.

### 2.4.1. Структура наземной и водной экосистемы

Экологические системы отличаются пространственной и видовой структурой.

Пространственная структура обуславливается тем, что недра, почвы, водный бассейн и атмосфера имеют ярусное строение, что, в свою очередь, влияет на распределение живых организмов в пространстве. В результате длительной эволюции в соответствии с абиотическими и биотическими условиями, разные виды живых организмов распределились в биогеоценозах так, что не только не мешают друг другу, а, наоборот, способствуют наиболее полному и эффективному освоению всех материальных и энергетических ресурсов данного биотопа. Установлено, что многоярусные сложные сообщества более продуктивны, чем простые одноярусные.

Таким образом, ярусность - это явление вертикального расслоения биоценозов на разновысокие структурные части. Наиболее четко, она выражена в растительных сообществах (фитоценозах). Благодаря ярусности различные растения и их органы питания располагаются на разной высоте (или глубине) и поэтому легко уживаются в сообществе.

В лесу нередко выделяется до шести ярусов:

I - деревья первой величины (ель, сосна, дуб, береза, осина);

II - деревья второй величины (рябина, черемуха);

III - подлесок из высоких кустарников (шиповник);

IV - подлесок из средних кустарников и крупных трав (багульник, голубика, иван-чай);

V - низкие кустарнички и мелкие травы (клюква);

VI - мхи, напочвенные лишайники и др.

Аналогично можно расчленить и луговые сообщества.

Ярусно располагаются и подземные части растений. Корни у деревьев, как правило, проникают на большую глубину, чем у кустарников, ближе к поверхности находятся корни мелких травянистых растений, а непосредст-

венно на поверхности - корни мхов. При этом в поверхностных слоях почвы корней значительно больше, чем в глубинных.

Растения каждого яруса обуславливают особый микроклимат и создают определенную среду (экологическую нишу) для обитания в нем строго специфических животных. В результате возникают группировки растений и животных, тесно связанных между собой. Так, например, в почвенном ярусе леса, заполненном корнями растений, обитают бактерии, грибы, насекомые, клещи, черви. В лесной подстилке среди разлагающихся растительных остатков, мхов, лишайников также живут насекомые, клещи, пауки, множество микроорганизмов. Более высокие ярусы - травостой, подлесок - занимают растительноядные насекомые, птицы, млекопитающие и другие животные. При этом даже птицы, свободно передвигающиеся в пространстве, обычно придерживаются определенного яруса. Особенно ярко это проявляется в период гнездования.

Каждая конкретная экосистема имеет видовую структуру, т.е. характеризуется видовым составом. В дубраве - это дуб, в бору сосна, в ковыльной степи - ковыль и т.д. В лесу, состоявшем из многих десятков видов растений, только один или два вида дают 90% древесины. Эти виды называются доминирующими, или доминантными. Они занимают господствующее положение в биоценозе. Обычно наземные биоценозы называют по доминирующим видам: лиственный лес, ковыльная степь и т.д. Кроме того, в экосистеме могут быть и так называемые эдификаторы, которые не просто доминируют здесь, а играют роль "образователей" сообщества, определяя режим температуры, влажности, освещенности, специфику почвенно-грунтовых условий.

То же касается и водных систем. Водоемы подразделяются на две большие группы: стоячие водоемы, или лентическая среда (*lentic*-спокойный), к которым относятся озера, пруды, болота, и проточные водоемы, или лотические (*lotic* - омывающий), куда входят реки, ручьи.

Специфика водных объектов определяется многими факторами, прежде всего, термодинамическими характеристиками воды, включающими более высокую, чем у воздуха удельную теплоемкость, большую скрытую теплоту плавления, самую высокую из известных веществ теплоту парообразования, наибольшую плотность при строго определенной температуре (+4°C).

Абиотические факторы водной среды, рассмотренные выше, обуславливают распределение населяющих водоемы живых организмов, из которых одни обитают на глубине, другие - у поверхности, а третьи - в толще воды.

В любом лентическом водоеме можно выделить четыре основные зоны жизни (рис. 2.7.).

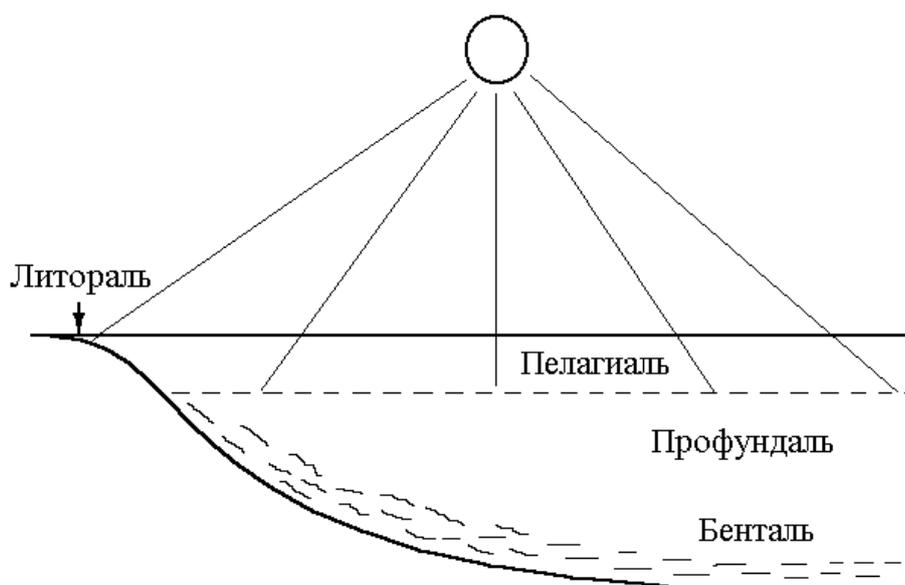


Рис. 2.7. Основные зоны жизни в системе непроточного водоема

Литораль включает берег водоема и прибрежные, богатые питательными веществами мелководья, до дна освещенные солнцем. Здесь обитают разнообразные свободно плавающие продуценты, прикрепленные к грунту водные растения и другие водные организмы (лягушки, улитки, змеи). Пелагиаль представляет собой поверхностный слой открытых вод, в достаточной мере освещенный солнцем. В зависимости от содержания питательных веществ здесь находятся различные по объему популяции пассивно плавающего фитопланктона, растительноядных видов зоопланктона и рыб. Профундаль - это глубоководная часть зоны открытых вод, где солнечная освещенность недостаточна для процессов фотосинтеза. Ее населяют виды рыб, приспособленных к обитанию в холодных, слабоосвещенных водах. Бенталь (дно водоема) населена многочисленными редуцентами, моллюсками и личинками насекомых. Эти организмы питаются отмершими растениями, остатками животных организмов и выделениями животных, поступающими с поверхности.

В реках и ручьях, в основном, выделяют две зоны: мелководные перекаты и глубоководные плесы. Каждой из этих зон свойственны свои обитатели.

Движение воды, особенно в лотических водоемах, связанное с ее скоростью, турбулентностью, обуславливает передвижение и локализацию сбрасываемых производством веществ, специфику их осаждения, разложения и процессы самоочищения водоемов.

В любой экологической системе растения, животные и микроорганизмы развиваются только совместно, обуславливая существование друг друга. Все живые организмы прошли свой эволюционный путь развития в тесном

взаимодействии, в результате чего у них выработались взаимные приспособления друг к другу, и отдельно существовать они не могут.

Умение различать наземные и водные экосистемы весьма полезно, но не менее важно понимать взаимосвязь этих систем.

К числу важнейших из них относится смыв органических питательных веществ, преимущественно нитратов и фосфатов, с поверхности земли в водные экосистемы. Эти питательные вещества поддерживают жизнь водных растений в реках и озерах, что, в свою очередь обеспечивает жизнь водных животных. За счет поступления гниющих органических веществ в водные экосистемы снабжаются пищей микроорганизмы. Когда почва смывается в озера и медленно текущие реки, почвенный материал отлагается на дне. Эти осадки постепенно преобразуют типы жизни водной флоры и фауны. В конце концов, водная экосистема превращается в экосистему суши.

Природные процессы и деятельность человека могут коренным образом изменить скорость перемещения органических питательных веществ и почвенного материала с суши в воду. Например, затопление или расчистка участков под пашню увеличивают темпы поступления веществ в водные экосистемы, часто перегружая их органикой, что приводит к эвтрофикации - изменению физических, химических и биологических свойств водоема при долговременном поступлении питательных веществ с прилегающих территорий за счет процессов естественной эрозии и стока. Это может стать причиной бурного роста водорослей. При отмирании водорослей и их последующей переработке аэробными (потребляющими кислород) редуцентами в воде резко уменьшается содержание растворенного кислорода, что приводит к гибели рыб и других организмов.

С другой стороны, происходит поступление вещества и из водных систем в наземные. Рыбы и моллюски являются пищей для многих обитающих на суше животных (морские птицы, медведи, орлы) и для человека. С экскрементами часть питательных веществ возвращается из моря на сушу как элемент круговорота азота и фосфора.

#### **2.4.2. Гомеостаз и сукцессия экологической системы**

Естественные экологические системы (леса, степи, водоемы) существуют в течение десятков, сотен и более лет, т.е. обладают определенной стабильностью во времени и пространстве. Для поддержания стабильности системы необходима сбалансированность потоков вещества и энергии, процессов обмена веществ между организмами и окружающей их средой. Конечно, ни одна экосистема не бывает абсолютно стабильной, неподвижной. Может периодически увеличиваться численность популяций одних видов животных и растений, но при этом уменьшается численность других. Подобные процессы имеют более или менее правильную периодичность и в целом не выводят систему из равновесия.

Состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы носит название гомеостаза ("гомео" - тот же, "стазис" - состояние). Гомеостатичность - важнейшее условие существования любой экологической системы, однако в разных сообществах его признаки и закономерности неодинаковы.

Например, в естественной экосистеме гомеостаз поддерживается тем, что такая система открыта, т.е. непрерывно получает информацию из окружающей среды: к растениям непрерывно поступает солнечная энергия, масса химических веществ.

Иное дело - антропогенная экологическая система, она не может рассматриваться как открытая. Например, система для очистки сточных вод - аэротенк. При поступлении в аэротенк вещества, содержащиеся в сточных водах, сорбируются поверхностью активного ила, т.е. хлопьевидными скоплениями бактерий, простейших, колоний и др. При непрерывном поступлении сточных вод содержащиеся в них вещества накапливаются в аэротенке, а концентрация активного ила снижается. В конечном итоге равновесное состояние такой экосистемы нарушается, качество очистки снижается, система может перестать работать. Для того, чтобы система аэротенка сохраняла режим своей работы, человек вынужден сам поддерживать ее гомеостаз. Управление заключается в постоянном нагнетании воздуха (аэрации), периодическом обновлении ила.

Несмотря на то, что естественная экосистема находится в состоянии подвижно-стабильного равновесия, она испытывает медленные, но постоянные изменения во времени, имеющие последовательный характер. Эти изменения в первую очередь касаются биоценоза (биоты). Такую последовательную смену одного биоценоза другим называют сукцессией (лат. "сукцедо" - следую).

Сукцессии - естественное явление, хотя часто обусловлены вмешательством человека. Они наблюдаются в природе, если в процессе своего развития сообщество изменяет среду так, что она становится благоприятнее для другого сообщества, формирование которого делает среду еще менее благоприятной для первого. Так происходит постепенное превращение одних экосистем в другие.

Различают первичные и вторичные сукцессии. Первичной сукцессией называется процесс развития и смены экосистем на незаселенных ранее участках. Классический пример - постепенное обрастание голых скал с развитием в конечном итоге на ней леса. Голый камень мало пригоден для жизни. Семена с трудом находят место, подходящее для закрепления и прорастания, а если и прорастут, всходы скорее всего погибнут из-за нехватки воды, воздействия ветра и солнца. Однако мхи могут расти и в таких условиях. Их крошечные клетки – споры прорастают в мельчайших трещинах скал; при засухе мхи переходят в неактивные, покоящиеся состояния, но не гибнут. При малейшем увлажнении продолжается их рост с формированием как бы ковра на поверхности скалы. Он как сито улавливает частицы породы, приносимые

ветром или водой. Так постепенно накапливается почва. Вместе с моховым покрытием она обеспечивает место для поселения семенных растений, причем мох удерживает воду, необходимую для прорастания семян. Крупные растения накапливают и образуют почву, кроша скалу своими корнями. Наконец, ее слой оказывается достаточным для развития деревьев и кустарников. Их опадающие листья не дают расти мхам и большинству других мелких видов, начавших сукцессию. Так постепенно на изначально голой скале идет процесс смены мхов травами и, наконец, лесом.

Восстановление экосистемы, когда-то уже существовавшей на данной территории, называют вторичной сукцессией. Классический пример ее - превращение вырубki или заброшенной пашни в лес. Вначале появляются травянистые растения, далее - в результате налета семян - всходы деревьев и кустарников, причем обычно сначала развиваются светолюбивые и быстрорастущие лиственные породы, и лишь по прошествии определенного времени под пологом лиственных начинают расти хвойные.

Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы, размножаясь, сохраняют относительно постоянную численность, и дальнейшей смены ее состава не происходит. Такое равновесное состояние называют климаксом, а экосистему климаксовой. В разных абиотических условиях формируются неодинаковые климаксовые экосистемы. В сухом и жарком климате это будет пустыня; в жарком, но влажном - тропический лес. Необходимо отметить, что даже такие системы не абсолютно стабильны; просто все виды достигли в них состояния равновесия друг с другом и со средой. Это динамическое равновесие подразумевает непрерывную "настройку" и "перенастройку", так как и популяции, и условия меняются год от года.

При сукцессиях изменения экосистем происходят медленно и постепенно: это более или менее упорядоченный процесс замещения одних видов другими, на всех стадиях которого экосистема достаточно сбалансирована и разнообразна. Резкие изменения, вызывающие популяционный взрыв некоторых видов за счет гибели большинства других, свидетельствуют об экологическом нарушении. Примером этого может служить упомянутый выше сброс богатых биогенами сточных вод в естественные водоемы, вызывающий бурный рост водорослей. Наконец, изменения могут быть столь резкими, что практически ни один исходящий компонент экосистемы не сохраняется. Тогда говорят о ее гибели.

Если не считать землетрясений, извержений вулканов и аналогичных катастроф, то естественные изменения экосистем, как правило, протекают постепенно, по типу сукцессий, тогда как вмешательство человека часто бывает внезапным и глубоким, приводящим к нарушениям или гибели экосистем.

## 2.5. Энергетика и продуктивность экосистемы

В функционирующей природной экосистеме не существует отходов. Все организмы, живые или мертвые, потенциально являются пищей для других организмов: гусеница ест листву, дрозд питается гусеницами, ястреб способен съесть дрозда. Когда растения, гусеница, дрозд и ястреб погибают, они, в свою очередь перерабатываются редуцентами.

Организмы природных экосистем вовлечены в сложную сеть многих связанных между собой пищевых цепей, называемой пищевой сетью.

С каждым переходом из одного трофического уровня в другой в пределах пищевой цепи или сети совершается работа, и в окружающую среду выделяется тепловая энергия, а количество энергии высокого качества, используемой организмами следующего трофического уровня, снижается. Такое сокращение используемой энергии высокого качества на каждом последующем трофическом уровне является следствием второго начала термодинамики.

Таким образом, экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество и качество которой относительно постоянно и избыточно. Назовем это первым основным принципом функционирования экосистем [19].

Процентное содержание энергии высокого качества, переходящей из одного трофического уровня в другой, колеблется от 2 до 30 % в зависимости от вовлекаемых типов живых организмов и от экосистемы, в которой происходит трансформация энергии. Экологи подсчитали, что в дикой природе в среднем около 10 % доступной высококачественной химической энергии одного трофического уровня трансформируется в доступную химическую энергию в организмах следующего уровня. Оставшаяся энергия используется для поддержания жизнедеятельности организмов, но большая ее часть теряется в окружающей среде как тепловая энергия низкого качества.

В процессе жизнедеятельности биоценоза создается и расходуется органическое вещество. Это значит, что каждая экосистема обладает определенной продуктивностью. Продуктивность оценивают как скорость образования вещества (биомассы), например, г/сутки, т/год.

Первичная продуктивность системы определяется как биомасса, производимая продуцентами на единице площади за единицу времени. Однако в процессе жизнедеятельности растений часть созданного вещества расходуется на дыхание и, следовательно, в единицу времени на единице площади накапливается меньше биомассы, чем ее было создано. Чистая продуктивность равняется скорости, с которой растения производят химическую энергию в процессе фотосинтеза, за вычетом скорости, с которой растения используют некоторую часть этой энергии для аэробного клеточного дыхания, необходимого для их жизнедеятельности, роста и размножения.

Консументы также создают органическое вещество за счет чистой первичной продуктивности, но сами синтезировать органические вещества из

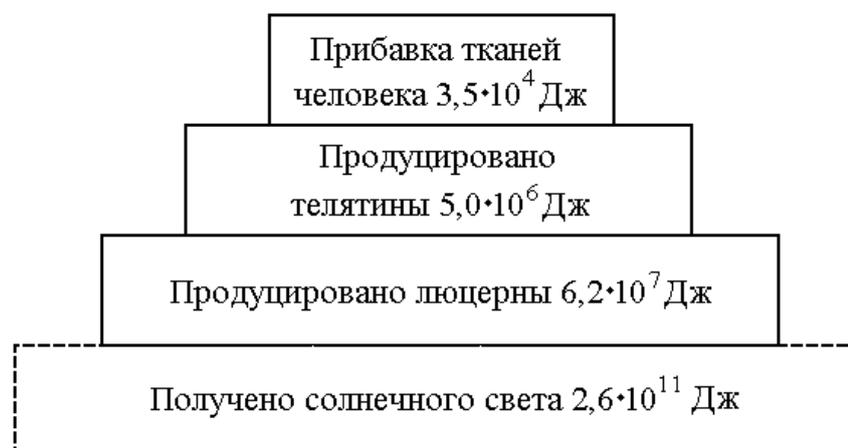


Рис. 2.8. Энергетический вариант экологической пирамиды для конкретной сельскохозяйственной системы [10].

неорганических не могут. Продуктивность консументов носит название вторичной.

Как было указано выше, вторичная продуктивность исключительно низка: при передаче от каждого предыдущего звена трофической цепи к последующему теряется 90 - 99 % энергии. Если, например, растениями на  $1 \text{ м}^2$  поверхности почвы создано за сутки количество вещества, эквивалентное 84 кДж, то продукция первичных консументов составит 8,4 кДж, а вторичных - не превысит 0,8 кДж. Расчеты показывают, что для образования 1 кг говядины необходимо 70 - 90 кг свежей травы.

Рассматривая поток энергии в экосистемах, легко понять, почему с повышением трофического уровня биомасса снижается. Во-первых, любую популяцию живых организмов можно рассматривать как биомассу (общую массу живых организмов), которая каждый год увеличивается за счет роста и размножения организмов и одновременно сокращается за счет их естественной гибели и потребления консументами. Если она остается на постоянном уровне, как и бывает в стабильной экосистеме, следовательно, консументы 1-го порядка, например, съедают за год не больше того, что производят продуценты. Если они будут съесть больше (скажем, при избыточном выпасе), то популяция продуцентов в конце концов исчезнет. Во-вторых, существенная доля потребляемой консументами биомассы не усваивается ими и возвращается в экосистему в виде экскрементов. Если еще учесть, что большая часть переваренной пищи расходуется на выработку энергии, то становится понятно, почему общая биомасса продуцентов во много раз больше, чем у растительноядных животных. То же самое наблюдается и при переходе на более

высокие трофические уровни. Это второй основной принцип функционирования экосистем - чем больше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею трофический уровень.

Продуктивность экологических систем и соотношение в них различных трофических уровней выражается в виде пирамид (рис. 2.8.).

Длина прямоугольника пропорциональна потоку энергии каждого уровня. Пирамиды наглядно иллюстрируют соотношения биомасс и эквивалентных им энергий в каждом звене пищевой цепи и используются в практических расчетах при обосновании, например, необходимых площадей под сельскохозяйственные культуры с тем, чтобы обеспечить кормами скот, а следовательно, потребность населения в животном белке.

Годовая первичная продуктивность наземных экологических систем характеризуется данными табл. 2.1.

Из данных таблицы видно, что в настоящее время наибольший объем первичной продукции создается лесными и степными экологическими системами.

Жизнь людей, их производственная деятельность зависят от продуктивности основных биогеоценозов, от первичной продукции и ее распределения. Питание людей обеспечивается, главным образом, сельскохозяйственными культурами, занимающими около 10 % площади суши и дающими в год около 9 млрд. тонн органического вещества, что составляет значительную часть мировых ресурсов. Если по первичной продуктивности имеются относительно достоверные данные, то по продуктивности других трофических уровней их мало. Определение вторичной продуктивности экосистем сопряжено с большими трудностями, и известны лишь косвенные данные например, биомасса на различных уровнях.

Таблица 2.1

Первичная биологическая продуктивность наземных экосистем земного шара (по Р.Х. Уиттекеру, 1980) [50]

Типы экосистем	Площадь, $*10^6 \text{ км}^2$	Чистая первичная продуктивность, $\text{г/м}^2$ за год. Колебания в среднем		Общая чистая продуктивность, $*10^9 \text{ т/год}$
		3	4	
1	2	3	4	5
Влажные тропические леса	17	1000 – 3500	2200	37,4
Тропические сезонные леса	7,5	1000 – 2500	1600	12,0
Вечнозеленые леса		600 –		

умеренного пояса	5,0	2500	1300	6,5
Листопадные леса умеренного пояса	7,0	600 – 2500	1200	8,4
Бореальные леса (тайга)	12,0	400 – 2000	800	9,6
Лесо-кустарниковые сообщества	8,5	250 – 1200	700	6,0
Саванны	15,0	200 - 2000	900	13,5
Лугостепи умеренного пояса	9,0	200 - 1500	600	5,4
Тундра и высокогорья	8,0	10 - 400	140	1,1
Пустыни и полупустыни	18,0	10 - 250	90	1,6
Экстремальные пустыни, скалы, пески и др.	24,0	0 - 10	3	0,07
Культивируемые земли	14,0	100 - 3500	650	9,1
Болота и марены	2,0	800 - 3500	2000	4,0
1	2	3	4	5
Озера и реки	2,0	100 - 1500	250	0,5
Материковые экосистемы в целом:	149	0 - 3500	773	115
Открытый океан	332,0	2 - 400	125	41,5
Зоны апвеллинга	0,4	400 - 1000	500	0,2
Континентальный шельф	26,6	200 -600	360	9,6
Заросли водорослей и рифы	0,6	500 - 4000	2500	1,6
Речные дельты (эстуарии)	1,4	200 - 3500	1500	2,1
Морские экосистемы в целом	361,0	2 - 4000	152	55
Средняя и общая продуктивность биосферы	510,0	0 - 4000	333	170

Данные о распределении всей биомассы организмов на Земле приведены в табл. 2.2.

Как видно, биомасса организмов океана ничтожно мала в сравнении с биомассой наземных животных, растений и микроорганизмов.

Таблица 2.2.

### Биомасса организмов Земли

Сфера	Оценочные характеристики	
	Тонн	%
Суша:		
Растения	$2,4 \cdot 10^{12}$	99,2
Животные и микроорганизмы	$0,02 \cdot 10^{12}$	0,8
Итого	$2,42 \cdot 10^{12}$	100
Океан:		
Растения	$0,0002 \cdot 10^{12}$	6,3
Животные и микроорганизмы	$0,003 \cdot 10^{12}$	93,7
Итого	$0,0032 \cdot 10^{12}$	100
Всего	$2,4232 \cdot 10^{12}$	

### 2.6. Круговорот веществ в биосфере

В.Р. Вильямс писал, что единственный способ придать чему-то конечному свойства бесконечного - это заставить конечное вращаться по замкнутой кривой, т.е. вовлечь его в круговорот. Именно это и происходит в экосистемах.

Биогенный круговорот происходит на уровне экосистемы и заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и жизненные процессы как их самих, так и организмов-консументов. Редуценты разлагают органические вещества до минеральных компонентов, опять-таки доступных растениям и вновь вовлекаемых ими в поток вещества.

Итак, третий основной принцип функционирования экосистем - получение ресурсов и избавление от отходов происходит в рамках круговорота всех элементов.

Рассмотрим такой круговорот для основных компонентов, входящих в состав биосферы.

### 2.6.1. Круговорот углерода

Углерод, содержащийся в виде  $\text{CO}_2$  в атмосфере ( $23,5 \cdot 10^{11}$  т) служит "сырьем" для фотосинтеза растений, а затем вместе с их веществом потребляется консументами разных трофических уровней. При дыхании растений, животных и редуцентов, а также по мере разложения мертвого вещества в почве выделяется  $\text{CO}_2$ , в форме которого углерод и возвращается в атмосферу (рис. 2.9.).

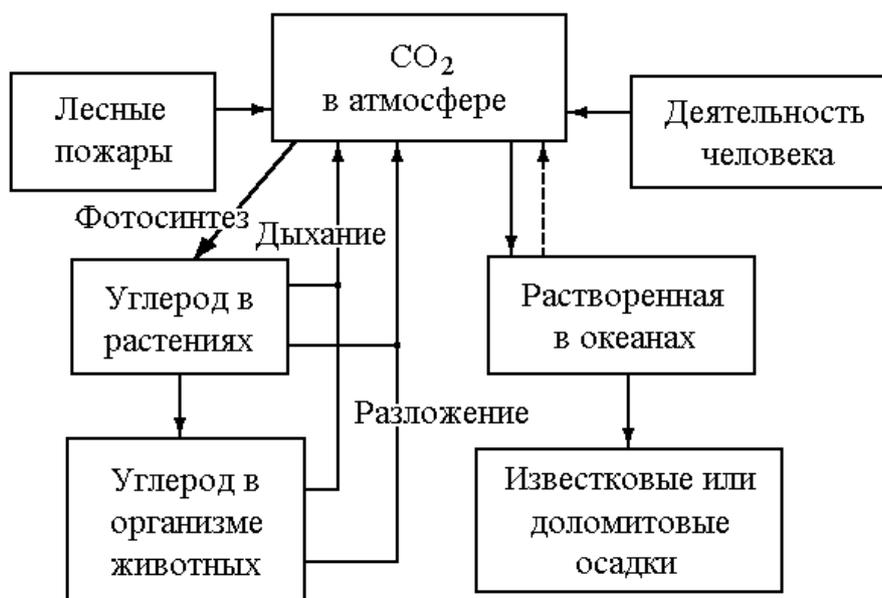


Рис. 2.9. Фрагмент круговорота углерода [44].

Большая часть углерода, вовлеченного в круговорот, содержится в океанах. От углерода, содержащегося в океанах в виде карбонатов, главным образом, зависит количество двуокиси углерода в атмосфере. Океан поглощает избыток двуокиси углерода из воздуха, в результате чего образуются карбонатные и бикарбонатные ионы. Существует и обратный процесс, в ходе которого двуокись углерода выделяется из океанов в атмосферу. Таким образом, океаны, поддерживающие концентрацию  $\text{CO}_2$  в атмосфере на постоянном уровне, играют роль своеобразного буфера. Считается, что этот механизм обеспечивал относительное постоянство содержания двуокиси углерода в атмосфере, пока не вмешался фактор индустриализации.

В далекие геологические эпохи (сотни миллионов лет назад) значительная часть фотосинтезируемого органического вещества не использовалась ни консументами, ни редуцентами, а накапливалась и постепенно погребалась под минеральными осадками. Находясь в земле миллионы лет, этот детрит (мертвые растительные и животные остатки) под действием высоких температуры и давления превращался в нефть, природный газ и уголь. Теперь

мы в огромных количествах добываем это ископаемое топливо для обеспечения энергетических потребностей нашего индустриального общества и, сжигая его, завершаем круговорот углерода. При сжигании углерод топлива выделяется в виде  $\text{CO}_2$ , концентрация которого в воздухе резко возрастает: его поступление существенно превышает поглощающие возможности растений. Это чревато серьезными климатическими последствиями, о чем речь пойдет в разделе, посвященном инженерной защите атмосферы.

### 2.6.2. Круговорот азота

Организмы нуждаются в различных химических формах азота для образования белков и генетически важных нуклеиновых кислот типа ДНК. Большинству зеленых растений требуется азот в форме нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ) и ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ). Газообразный азот ( $\text{N}_2$ ), составляющий 78 % объема земной атмосферы, ни растениями, ни людьми, ни большинством других организмов не может быть использован непосредственно. Газообразный азот может преобразовываться в растворимые в воде соединения, содержащие нитрат-ионы и ионы аммония, усваиваемые корнями растений в процессе круговорота азота (рис. 2.10).

Преобразование атмосферного газообразного азота в усваиваемые растениями химические формы называется фиксацией азота. Осуществляется она, в основном, либо сине-зелеными водорослями и определенными видами бактерий в почве и воде, либо бактериями из рода *Rhizobium*, обитающими в небольших клубеньках на корнях люцерны, клевера, гороха, фасоли и других бобовых растений. Определенный вклад в фиксацию азота вносят грозные разряды молний, при которых газообразные азот и кислород в атмосфере превращаются в оксид и диоксид азота. Эти газы взаимодействуют с водяным паром и преобразуются в нитрат-ионы, которые попадают на земную поверхность в форме азотной кислоты, растворенной в атмосферных осадках, и в форме частиц нитратных солей.

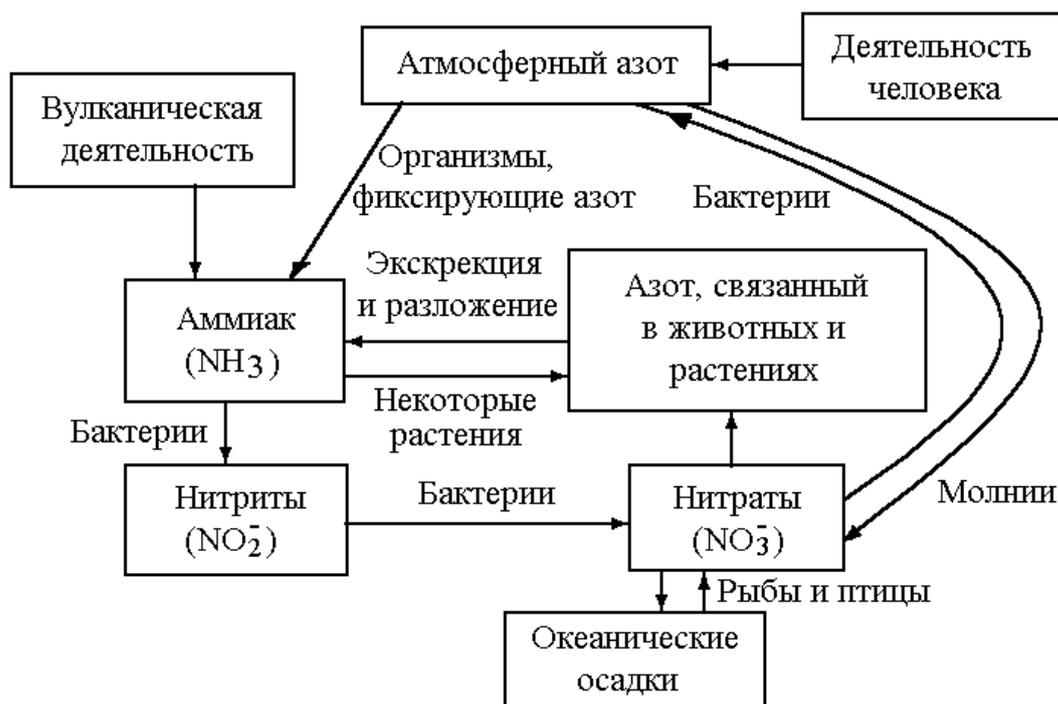


Рис. 2.10. Круговорот азота

Неорганические нитрат-ионы и ионы аммония, поглощаемые растениями из почвенной влаги, преобразуются ими в белки, ДНК и другие необходимые им азотсодержащие органические соединения. Животные покрывают большую часть своих потребностей в азотных питательных веществах, поедая растения или других растительноядных животных.

Особые бактерии - редуценты превращают азотсодержащие органические соединения биологических отходов (экскрементов и мертвых организмов) в неорганические вещества такие, как газообразный аммиак (NH<sub>3</sub>) и растворимые в воде соли, содержащие ионы аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Другие специальные группы бактерий затем преобразуют эти неорганические формы азота в нитрат-ионы в почве и в газообразный азот, который, попадая в атмосферу, замыкает цикл.

### 2.6.3. Круговорот фосфора

Фосфор в виде фосфат-ионов (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) является важным питательным элементом как для растений, так и для животных. Он входит в состав молекул ДНК, несущих генетическую информацию; молекул АТФ и АДФ, в которых запасается необходимая для организмов химическая энергия, используемая при клеточном дыхании; молекул жиров, образующих клеточные мембраны в растительных и животных клетках; а также веществ, входящих в состав костей и зубов животных.

Круговорот фосфора показан на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Круговорот фосфора

В этом круговороте фосфор медленно перемещается из фосфатных месторождений на суше и мелководных океанических осадков к живым организмам и затем обратно.

Фосфор, высвобождаемый при медленном разрушении (или выветривании) фосфатных руд, растворяется почвенной влагой и поглощается корнями растений. Тем не менее, в большинстве почв содержатся очень незначительные количества фосфора, так как фосфатные соединения очень плохо растворяются в воде и встречаются лишь в определенных типах горных пород. Таким образом, во многих почвах и водных экосистемах содержание фосфора является лимитирующим фактором роста растений.

Животные получают необходимый им фосфор, поедая растения или других растительноядных животных. Значительная часть этого фосфора в виде экскрементов животных и продуктов разложения мертвых животных и растений возвращается в почву, в реки и на дно океана в виде нерастворимых фосфатных осадочных пород.

Часть фосфора возвращается на поверхность суши в виде обогащенной фосфором органической массы экскрементов птиц питающихся рыбой. Однако несравнимо большее количество фосфатов ежегодно смывается с поверхности суши в океан в результате природных процессов и антропогенной деятельности.

Вследствие длящихся миллионы лет геологических процессов могут подниматься и осушаться участки океанического дна, образуя острова или материка. Последующее выветривание обнажившихся горных пород приводит к высвобождению новых количеств фосфора и продолжению круговорота.

## 2.6.4. Круговорот серы

Сера преобразуется в различные соединения и циркулирует в биосфере. Из природных источников она попадает в атмосферу в следующем виде:

- сероводород ( $H_2S$ ) - бесцветный, дурно пахнущий ядовитый газ - при извержении вулканов, при разложении органических веществ в болотах и затопляемых приливами низинах;
- диоксид серы ( $SO_2$ ) - бесцветный, удушливый газ при извержении вулканов;
- частицы сульфатных солей (например, сульфат аммония) – из мельчайших брызг океанической воды.

Около трети всех соединений серы и 99 % диоксида серы, попадающих в атмосферу, имеют антропогенное происхождение. Сжигание серосодержащих углей и нефти для производства электроэнергии дает примерно две трети всех антропогенных выбросов двуокиси серы в атмосферу. Остальная треть приходится на такие технологические процессы, как переработка нефти, выплавка металлов из серосодержащих медных, свинцовых и цинковых руд.

В атмосфере двуокись серы окисляется кислородом до газообразного триоксида серы, который при реакции с водяным паром образует мельчайшие капельки серной кислоты ( $H_2SO_4$ ). Взаимодействуя с другими атмосферными компонентами, триоксид серы может образовывать мельчайшие частицы сульфатных солей. Серная кислота и сульфатные соли вносят свой вклад в образование кислотных осадков, нарушающих жизнедеятельность лесных и водных экосистем.

## 2.6.5. Круговорот воды

Гидрологический цикл, в процессе которого происходит накопление, очистка и перераспределение планетарного запаса воды, состоит в следующем. Солнечная энергия и земное притяжение непрерывно перемещают воду между океанами, атмосферой, сушей и живыми организмами. Важнейшими процессами этого круговорота являются испарение, конденсация, осадки и сток воды назад в море для возобновления цикла.

Под воздействием поступающей солнечной энергии вода испаряется с поверхности океанов, рек, озер, почв и растений и поступает в атмосферу. Ветры и воздушные массы переносят водяной пар в различные районы Земли. Понижение температуры в отдельных частях атмосферы приводит к конденсации водяного пара, образованию облаков и туманов и выпадению атмосферных осадков.

Часть пресной воды возвращается на поверхность земли в виде осадков, замерзает в ледниках. Однако в основном она заполняет понижения и ложбины и стекает в ближайшие озера, ручьи и реки, которые несут ее назад

в океан, тем самым, замыкая кольцо круговорота. Такой сток пресных вод с поверхности суши вызывает также эрозию почв, которая приводит к перемещению различных химических веществ в рамках других биогеохимических циклов.

Значительная часть возвращаемой на сушу воды просачивается глубоко в грунт. Там происходит накопление грунтовых вод в водоносных горизонтах - подземных резервуарах. Подземные источники и водотоки в итоге возвращают воду на поверхность суши и в реки, озера, ручьи, откуда она вновь испаряется или стекает в океан. Однако циркуляция подземных вод происходит несравнимо медленнее, чем циркуляция поверхностных и атмосферных вод.

## 2.7. Помехи в экосистемах

Итак, все компоненты экологической системы, находясь в постоянном взаимодействии между собой, образуют круговороты химических элементов. Обмен веществ организмов между собой и обмен их с окружающей средой можно рассматривать как процессы передачи информации и энергии. Следовательно, в любой экосистеме, где существуют пищевые цепи, имеются определенные "каналы" передачи этой информации: химической, энергетической, генетической и др. [10].

Сбалансированность биологического круговорота, а следовательно, и устойчивость экологических систем, с точки зрения кибернетики, обеспечиваются механизмами и процессами обратной связи. Принцип обратной связи заключается в том, что некоторый управляющий компонент той или иной системы получает информацию от управляемых компонентов, используя эту информацию для внесения коррективов в дальнейший процесс управления.

Для пояснения принципа обратной связи в экологии рассмотрим условную простую экологическую систему, состоящую только из двух трофических уровней "олень-волк". То есть в этой модельной экосистеме отсечены «продуцентная» и «редуцентная» части, а сложная связь трофических каналов, существующая в реальном, представлена звеном перехода вещества и энергии от консумента 1-го рода (олень) к консументу 2-го рода (волк). Подобное упрощение позволит сделать некоторые принципиальные выводы.

В этой системе волки (хищники) поедают оленей (жертв). Если численность жертвы постоянно растет, то хищник, который только этой жертвой и питается, тоже имеет возможность увеличить свою численность (объем популяции). В этом проявится положительная обратная связь, которая стремится вывести систему из равновесия. Но поскольку волк ест оленей, то он, естественно, снижает численность популяции оленя. В этом проявляется отрицательная обратная связь, которая компенсирует отклонение и возвращает систему в исходное состояние. Если численность волка почему-либо резко возрастает, то он, соответственно, снизит и численность оленя, и сам будет по-

ставлен перед условием ограничения собственной численности, так как будет испытывать недостаток пищи.

В естественной экологической системе все время поддерживается равновесие, исключаящее необратимое уничтожение тех или иных звеньев в трофических цепях. Численность волка и оленя всегда будет держаться на определенном уровне. Сколь бы ни была сильна экосистема, она всегда сбалансирована, устойчива и только поэтому продуктивна.

При некоторых условиях обратная связь, или передача информации, может быть нарушена. Например, на оленей начал охотиться другой хищник и стал мешать в этом отношении волку, или среди оленей возникла инфекционная болезнь. При этом сбалансированность системы нарушается, причем нарушение это может быть обратимым или необратимым. Говоря языком кибернетики, в каналах обратной связи между популяциями волка и оленя появились помехи. Роль помех могут играть и абиотические факторы среды, например, факторы климатические. Засуха может снизить продуктивность растений и ограничить пищу для оленя, что немедленно скажется на волке. Кроме того, волк, ослабленный недостатком пищи, потеряет устойчивость к инфекционным заболеваниям.

Воздействия помех на популяцию носят статистический характер. Те особи, для которых помехи оказались непреодолимыми, погибнут или не дадут потомства, а более стойкие выживут, передав наследственную информацию своим потомкам. Происходит естественный отбор под влиянием помех. Эти помехи являются положительными, полезными и выступают как фактор эволюции.

Очевидно, чем более сложна экологическая система, тем больше имеется в ней перекрещивающихся трофических цепей и тем выше ее информативность, а значит и стабильность во времени и пространстве.

Однако в системе "олень-волк" могут появиться помехи, носящие стрессовый характер. Если такие помехи находятся в определенных пределах, то станет меньше оленей, но и меньше волков. Стабильность системы в целом не нарушится, но объем трофических уровней в цепи изменится, сохранив, однако, обусловленное законами термодинамики соотношение предшествующих и последующих звеньев этой цепи. При этом новый уровень стабильности системы опять-таки будет обеспечиваться механизмами обратной отрицательной связи.

Давление помех, конечно же, не может быть беспредельным. При определенной степени стрессового фактора, например, при нашествии других хищников или массовой гибели одного из компонентов из-за болезней, информационная обеспеченность экосистемы не сможет за счет отрицательной обратной связи компенсировать отклонения, определяемые положительной обратной связью. То есть применительно к конкретной экосистеме «олень-волк» для условий стресса существует статистически взвешенное число оленей, при котором экосистема еще сохраняет свое существование. Это число -

предел устойчивости гомеостаза экосистемы. Если интенсивность стресса будет такова, что число оленей станет меньше предела устойчивости гомеостаза экосистемы, то экосистема прекратит свое существование.

## 2.8. Деятельность человека как источник помех

В силу необходимости человек постоянно вмешивается в процессы, идущие в экосистеме, влияя на нее в целом или на отдельные звенья. Влияние человека на экосистемы сказывается весьма интенсивно, поскольку своей деятельностью он создает направленные помехи в механизмах передачи обратной связи между компонентами. Эти помехи отличны от естественных. Они не являются инструментом отбора, поскольку в процессе эволюции организмы к ним приспособиться, как правило, не успевают. Отклонения от нормы некоторых параметров среды выходят в таких случаях за пределы, отвечающие нормам реакции организмов на эти параметры.

Человечество столкнулось с целым рядом экологических проблем из-за того, что оно нарушает основные принципы функционирования экосистем [19].

*Первый принцип.* Экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно.

До Промышленной революции люди облегчали свой труд, используя энергию домашних животных, дров, ветра, воды. Все это - непрямые источники солнечной энергии. Лишь в последние 250 лет мы стали использовать ископаемое топливо, но спустя даже такой короткий период оказались на пороге истощения его ресурсов. Более того, его сжигание породило многочисленные проблемы загрязнения окружающей среды, включая возможность катастрофических по своим последствиям изменений климата в результате избыточного поступления в атмосферу углекислого газа. Как будет показано в главе 5, все практические попытки найти альтернативу солнечной энергии чреваты неустойчивостью процессов, происходящих в биосфере.

*Второй принцип.* На конце длинных пищевых цепей не может быть большой биомассы.

За последние 100 лет численность человечества возростала с феноменальной скоростью и продолжает увеличиваться примерно на 90 млн. человек в год. Тем не менее, множество людей, особенно в развитых странах, по своему рациону относятся, в основном, к третьему трофическому уровню, т.е. едят мясо. Поскольку для производства одного его килограмма требуется от 10 до 20 килограммов зерна, такой характер нашего питания ложится тяжелым бременем на сельское хозяйство. Чтобы все люди могли позволить себе мясной рацион, надо примерно в 10 раз расширить посевные площади. Стремление увеличить сельскохозяйственную продукцию оборачивается разрушением почв в результате эрозии и перевыпаса, что приводит к снижению

плодородия земель и возникновению продовольственного кризиса. Этим вопросам посвящена следующая глава.

*Третий принцип.* В естественных экосистемах использование ресурсов и избавление от отходов осуществляется в рамках круговорота всех элементов.

Вмешательство человека в естественные круговороты основных веществ в биосфере резко возрастает, особенно, начиная с 50-х годов нашего столетия, из-за быстрого роста населения и интенсивного использования природных ресурсов [18].

Увеличение содержания углерода в биосфере в результате антропогенной деятельности происходит в основном в результате двух процессов:

- сведение лесов и другой растительности без достаточных лесовосстановительных работ, в связи с чем уменьшается общее количество растительности, способной поглощать двуокись углерода;

- сжигание углеродсодержащих ископаемых видов топлива и древесины. Образующийся при этом углекислый газ попадает в атмосферу. Ученые предсказывают, что этот углекислый газ вместе с другими летучими техногенными выбросами может в ближайшие десятилетия вызвать потепление земной атмосферы и тем самым внести дополнительные изменения в ход естественных процессов в биосфере.

Вмешательство человека в круговорот азота состоит в следующем:

- сжигание древесины или ископаемого топлива, при котором в атмосферу выбрасываются большие количества оксида азота (NO). Оксид азота затем в атмосфере соединяется с кислородом и образует диоксид азота (NO<sub>2</sub>), который при взаимодействии с водяным паром может образовывать азотную кислоту (HNO<sub>3</sub>), которая является компонентом кислотных осадков, наносящих вред всему живому;

- добыча полезных ископаемых, содержащих нитрат-ионы и ионы аммония, для производства минеральных удобрений;

- вынос из почвы нитрат-ионов и ионов аммония при сборе урожая сельскохозяйственных культур с высоким содержанием азота;

- увеличения количества нитрат-ионов и ионов аммония в водных экосистемах при попадании в них загрязненных стоков с ферм, полей, коммунально-бытовых канализационных стоков.

Увеличение содержания фосфора в биосфере происходит в результате:

- добычи фосфатных руд для производства минеральных удобрений и моющих средств;

- увеличения избытка фосфат-ионов в водных экосистемах, при попадании в них загрязненных стоков с животноводческих ферм, смытых с полей фосфатных удобрений, а также очищенных и неочищенных коммунально-бытовых стоков.

Человек вмешивается в круговорот воды двумя способами:

– забором большого количества пресной воды из рек, озер и водоносных горизонтов;

– уничтожением растительного покрова суши. Это приводит к уменьшению просачивания поверхностных вод под землю, что сокращает пополнение запасов грунтовых вод.

Загрязнения биосферы, связанные с нарушением человеком указанных принципов функционирования экосистем: физические (тепловое, шумовое, вибрационное, электромагнитное, световое, радиоактивное); химические (аэрозоли, химические вещества, тяжелые металлы, пестициды, пластмассы, синтетические поверхностно-активные вещества); биологические (биотическое, микробиологическое, генно-инженерное) - ежесекундно, ежемгновенно атакуют экологические ниши популяций - компонентов экосистем и, вместе с тем - пределы устойчивости гомеостаза экосистем. Поскольку постоянно возрастающая интенсивность загрязнений приводит к вытеснению популяций за пределы толерантности (этому способствует синергетика комплексного воздействия загрязнений), происходит повсеместное преодоление загрязнениями пределов устойчивости гомеостаза экосистем, их деградация и гибель.

Ускоряющееся, резкое изменение окружающей природной среды может привести к снижению устойчивости биосферы. Мы стоим на пороге очередного важного "эволюционного события", которое определит дальнейшее развитие жизни на Земле. Либо произойдет разрушение биосферы, сопровождающееся вымиранием большинства видов, либо человек научится контролировать свою всеокрушающую мощь и создаст устойчивую антропогенную экосистему, где будет соблюдаться равновесие между всеми обитающими на Земле видами, и пойдет дальше по пути совершенствования своих духовных и интеллектуальных способностей. Только такая экосистема позволит сохранять и развивать науку, технику, культуру, всю цивилизацию. События, изменяющие ход эволюции, происходили в истории Земли приблизительно раз в 100 млн. лет. Осознаем же, что мы живем именно в такую эпоху. В ближайшие 50 лет нам предстоит сделать выбор: либо создать устойчивую антропоэкосистему, либо стать очевидцами катастрофы.

Очевидно, здесь нет альтернативы. Зная основные принципы устойчивости и равновесия природных экосистем, мы должны применить их в человеческом обществе и построить здание на фундаменте, который уже заложен [19].

## Глава 3. СПАСТИ ЗЕМЛЮ – НАКОРМИТЬ МИР

### 3.1. Демографические проблемы

#### 3.1.1. Рост человеческой популяции.

##### Рождаемость и половозрастные пирамиды

Человек появился на Земле в процессе ее эволюции, как составная часть внешней оболочки и развивается, следуя общим законам биосферы. [20].

В предыдущих главах мы уже говорили о том, что развитие цивилизации является главной причиной изменений, происходящих в природе, к сожалению, в большинстве своем отрицательных.

Как пишет академик Н.Н. Моисеев [20], самое страшное и неотвратимое - мальтузианский кризис: рассогласование растущих потребностей растущего человечества и возможностей их удовлетворения убывающими ресурсами оскудевающей планеты. Еще одна черта мальтузианского кризиса состоит в том, что стремление людей обеспечить свои потребности приводит к разрушению естественных биогеохимических циклов, то есть естественного круговорота веществ, и неизбежной потере стабильности биосферы как единого организма. Биосфера уже потеряла свою стабильность, и этот процесс в обозримом будущем, по-видимому, необратим.

До первой промышленной революции, когда биосфере еще можно было считать находящейся в равновесии, на долю всех позвоночных, включая человека, приходился лишь 1 % потребления органики, производимой всей биосферой. Сейчас лишь одно человечество использует более 7 % органики, производимой растениями и животными. Это не просто кризис - это громкий сигнал о нарастающей катастрофе.

Другой сигнал связан с ростом концентрации углекислоты в атмосфере. Она и раньше не была постоянной, но биота откликалась на изменение концентрации увеличением или уменьшением фитомассы. В XX веке, когда концентрация углекислоты возросла на 17 %, сколько-нибудь заметного увеличения фитомассы не последовало. Скорее, имеет место обратное явление.

Расчеты показывают, что для возвращения биосферы в равновесие, то есть в состояние, которое обеспечивает бескризисное развитие общества, при современном характере цивилизации, а, следовательно, и уровне потребления (в том числе и энергии), население Земли не может составлять более 500 млн. человек [20].

Последние 150 лет население Земли росло и продолжает расти феноменальными темпами. С древнейших исторических эпох до начала прошлого века численность жителей Земли колебалась около нескольких сотен миллионов человек, то медленно возрастая, то снижаясь из-за эпидемий и волн голода. Только около 1830 г. она достигла численности 1 млрд. человек. Это-

му в немалой степени способствовало введение новых сельскохозяйственных культур, использование техники, повышавшей эффективность земледелия. Начала практиковаться селекция домашних животных с высокой продуктивностью молока и мяса. Работы Луи Пастера, показавшие, что эпидемии вызываются микроорганизмами, привели к разработке эффективных мер профилактики и лечения заболеваний. Открытие антибиотиков привело к созданию новых лекарственных препаратов. Важнейшим результатом всего этого было резкое снижение младенческой и детской смертности, увеличение продолжительности жизни.

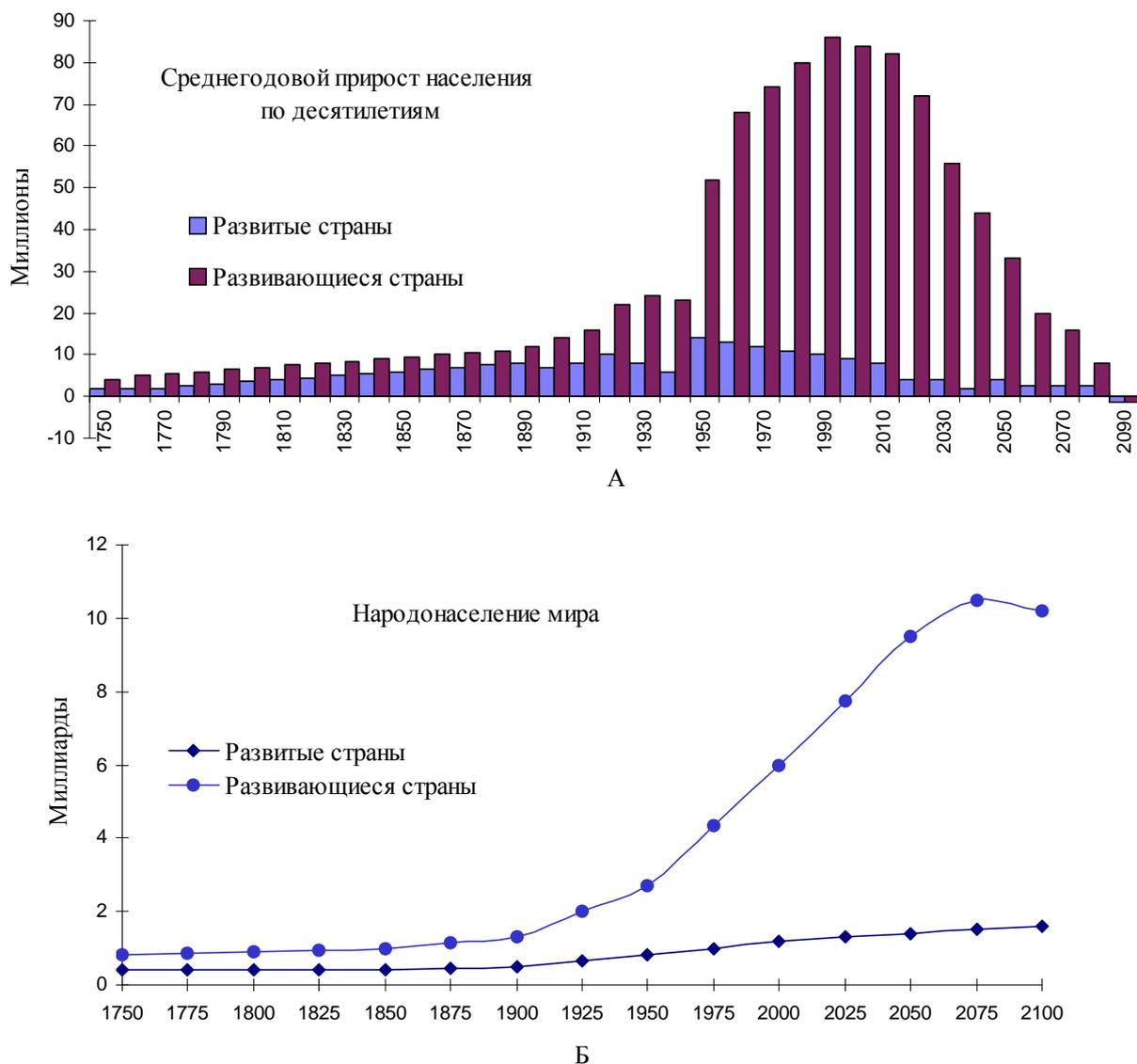


Рис. 3.1. Демографический взрыв

В XVIII - XIX вв. население перешло от состояния медленного роста, перемежающегося спадами, к эпохе взрывообразного увеличения. Около 1930 г., всего через 100 лет после достижения миллиардного уровня, его численность превысила 2 млрд. человек, 30 лет спустя (1960 г.) достигла 3 млрд.

и всего лишь через 15 лет (1975 г.) - 4 млрд. Затем, еще через 12 лет (1987 г.) народонаселение Земли перевалило пятимиллиардную отметку, и такой рост продолжается, составляя примерно 90 млн. (рождаемость минус смертность) человек в год (рис. 3.1.). Население планеты увеличивается быстрее, чем бьется сердце человека, которое совершает примерно 38 млн. ударов в год. В конце 1995 г. народонаселение Земли достигло 5 млрд. 750 млн. человек. По данным института народонаселения США за 1995 г. на Земле появилось 100 млн. жителей - самый большой прирост за всю историю человечества.

Однако в течение двух последних десятилетий процентные темпы прироста начали снижаться. Несмотря на это, население планеты превысит шестимиллиардную отметку в 1999 г., и, если не произойдет никаких резких перемен, такой характер увеличения популяции сохранится и в XXI в., пока к его концу численность населения не достигнет 10 млрд. человек [19].

Демографические прогнозы являются делом сложным, так как здесь демографы сталкиваются с проявлением стихии поведения миллионов людей - "масс". Даже ретроспективный анализ пока еще очень беден и мало что может дать для выработки рекомендаций, кроме того, огромную роль в демографических процессах играют традиции, религия, воспитание и множество других факторов.

Основным фактором, определяющим диспропорции в темпах прироста населения, является суммарный коэффициент рождаемости (СКР), т.е. среднее число детей, которое рождает каждая женщина в течение жизни (по текущим статистическим данным) [19]. При современном состоянии здравоохранения большинство их доживает до половой зрелости и, в свою очередь, обзаводится детьми. Если предположить, что все дети выживают, СКР, равный 2,0, обеспечит неизменную численность населения: два ребенка заменят отца и мать, когда те умрут. СКР ниже 2,0 приведет к снижению численности населения, СКР выше 2,0 обусловит рост населения. СКР, при котором родителей столько же, сколько сменяющих их детей, т.е. численность популяции остается неизменной, известен как простая воспроизводящая рождаемость (ПВР). Если учесть, что часть детей все-таки не доживает до половой зрелости, для высокоразвитых стран ПВР составляет сейчас 2,03, а для слаборазвитых - 2,2, поскольку младенческая и детская смертность там выше.

Реальная же ситуация такова: СКР в высокоразвитых странах равен 1,9, т.е. несколько ниже уровня простого воспроизведения. Однако население их до сих пор растет, потому что более высокая рождаемость в прошлом привела к тому, что нынешнее поколение достаточно многочисленно и в настоящее время, несмотря на низкий СКР, число новорожденных здесь превышает число умерших. Но уже можно прогнозировать стабилизацию и снижение численности населения, так как нынешнее поколение родителей стареет, умирает и неполностью замещается детьми. СКР в менее развитых странах составляет

4,1. Это практически вдвое превышает простую воспроизводящую рождаемость и приводит к удвоению численности населения в каждом поколении.

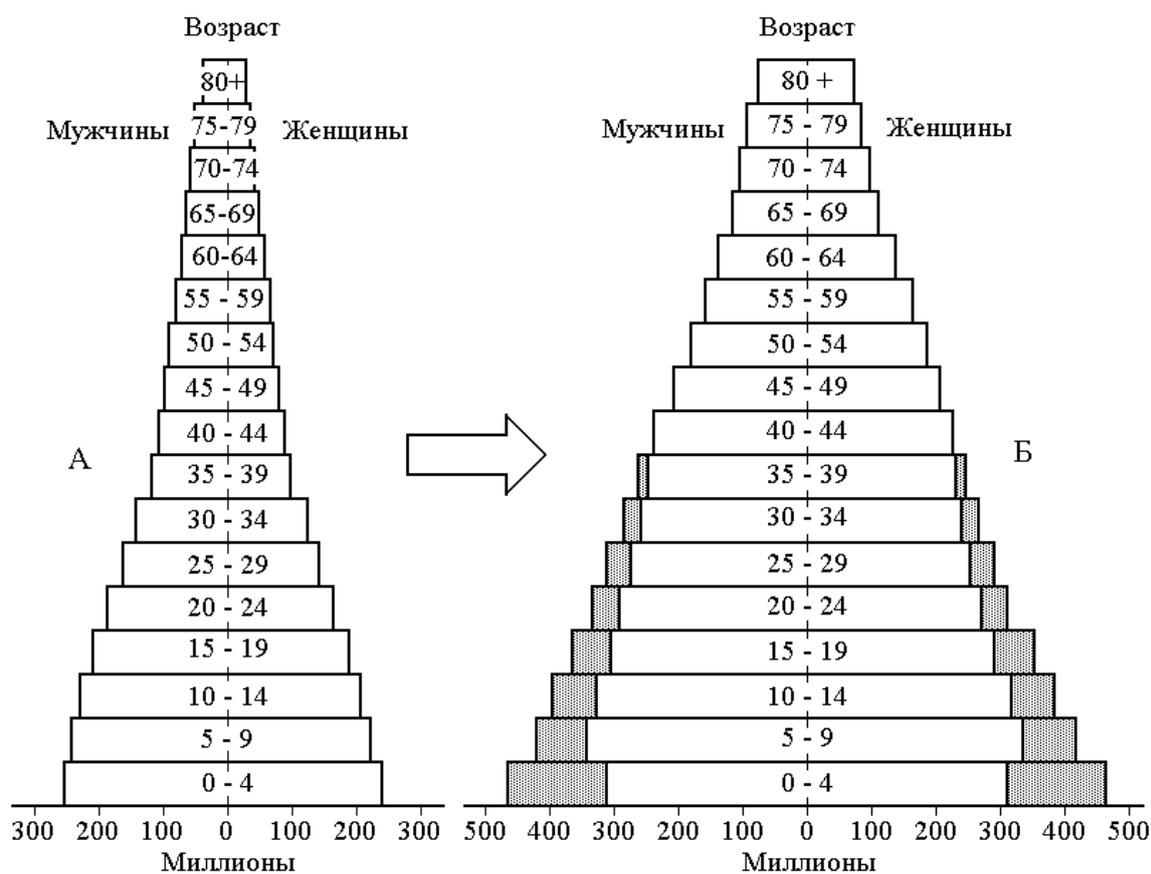


Рис. 3.2. Половозрастные пирамиды для развивающихся стран (А, Б) на 1984 год и (по прогнозу на 2024 год).

Неодинаковые СКР через определенное время приводят к резко различным половозрастным пирамидам, отражающим возрастной и половой состав населения. Их обычно изображают в виде гистограммы, демонстрирующей количество людей в каждой возрастной группе, обычно с разницей в пять лет. Полосы, соответствующие мужской половине населения, располагают с одной стороны графика, женской - с другой (рис. 3.2., рис. 3.3.). Можно видеть, что половозрастная пирамида высокоразвитых стран выглядит как колонна, отражая тот факт, что численности детей, подростков, молодых людей, людей среднего и старшего возрастов примерно одинаковы (рис. 3.2.Б). Это объясняется величиной СКР, близкой к простому воспроизводящему уровню, когда каждая возрастная группа как раз замещает предыдущую.

В то же время половозрастная пирамида развивающихся стран представляет собой треугольник с широким основанием, поскольку число детей, рожденных каждой возрастной группой, примерно вдвое превышает её собственную численность (рис. 3.2.А). Это приводит к населению с преобладанием молодежи и относительно небольшой долей людей среднего и старшего возрастов. По статистике в таких странах около 40 % населения моложе 15 лет.

На основе современной половозрастной пирамиды и статистических данных о соотношении рождаемости и смертности можно предсказать структуру будущего населения. Видно, что каждые пять лет все полосы сдвигаются вверх на одну позицию. Верхние при этом укорачиваются, а самая верхняя исчезает, так как глубокие старики умирают. Снизу появляется новая полоса, соответствующая числу родившихся за пять лет. Если СКР останется неизменным, половозрастная пирамида развивающихся стран будет представлять собой треугольник, со все более широким основанием, так как каждое последующее поколение многочисленнее предыдущего и производит на свет еще более многочисленное потомство (рис. 3.2.,В). Половозрастная пирамида развитых стран сохранит свою форму (рис. 3.3.,Г).

Таким образом, население развивающихся стран обладает демографическим потенциалом благодаря высокой нынешней доле молодых людей, которая приведет к удвоению населения в ближайшем будущем, даже если рождаемость существенно понизится.

Предпринимаемые в мире усилия в области планирования семьи привели в последние десятилетия к существенному снижению СКР. Если предположить, что эта тенденция сохранится и в будущем, развивающиеся страны приблизятся к уровню простой воспроизводящей рождаемости к 2025 г. Но при нынешнем демографическом потенциале их население будет продолжать заметно расти до 2080 г.

Следовательно, через 50-70 лет мы столкнемся с быстрым ростом населения развивающихся стран, тогда как в высокоразвитых странах оно будет расти медленно или вообще прекратится. (рис. 3.4) Доля их населения станет составлять все меньший процент от общемирового и через 50 лет снизится в нем до 10 % против нынешних 25 % [19]. Первая четверка стран с самой большой численностью населения будет выглядеть следующим образом: Индия, Китай, Нигерия, Пакистан.

Население будет другим и по религиозному составу. Предстоит огромный взлет ислама: с 800 млн. мусульман в 1980 г. до 4,4 млрд. в 2100. А христианство, доминирующее в современном мире, увеличит число своих сторонников всего лишь с 1,4 до 2,2 млрд. человек [21].

О более быстром росте населения развивающихся стран говорят и традиционно используемые демографами показатели - общий коэффициент рождаемости (ОКР) и смертности (ОКС). Это среднее число рождений и смертей на 1000 человек в год. Вычитая ОКС из ОКР, получают естественный прирост (или убыль) населения. Темпы прироста (или убыли) можно выразить в процентах: для этого результат делят на 10.

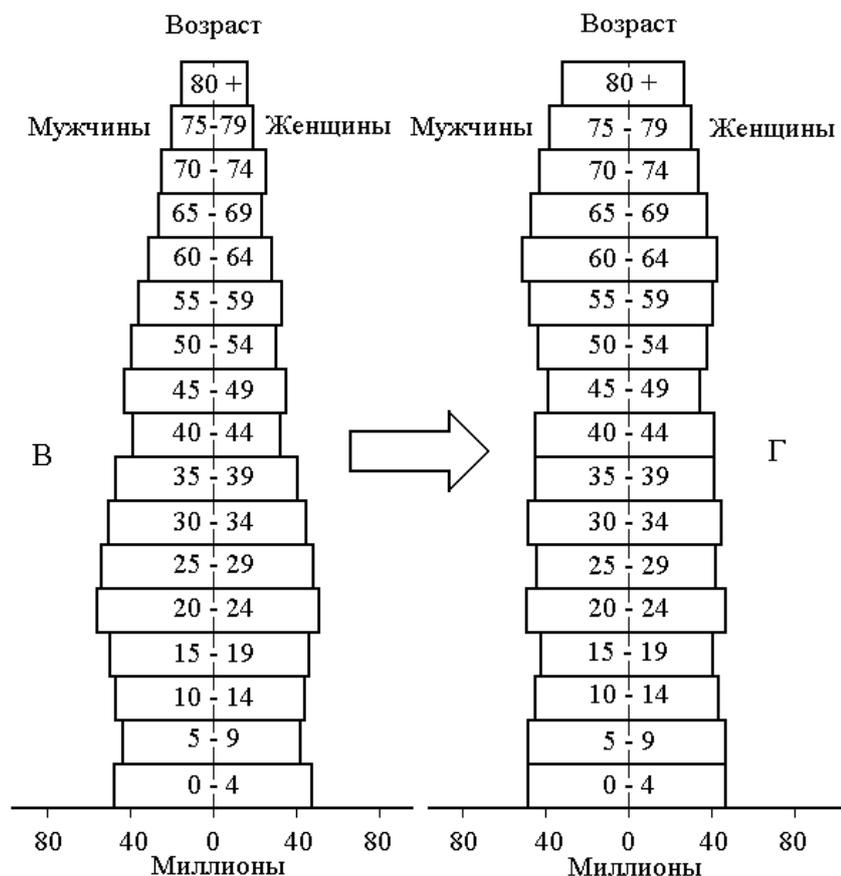


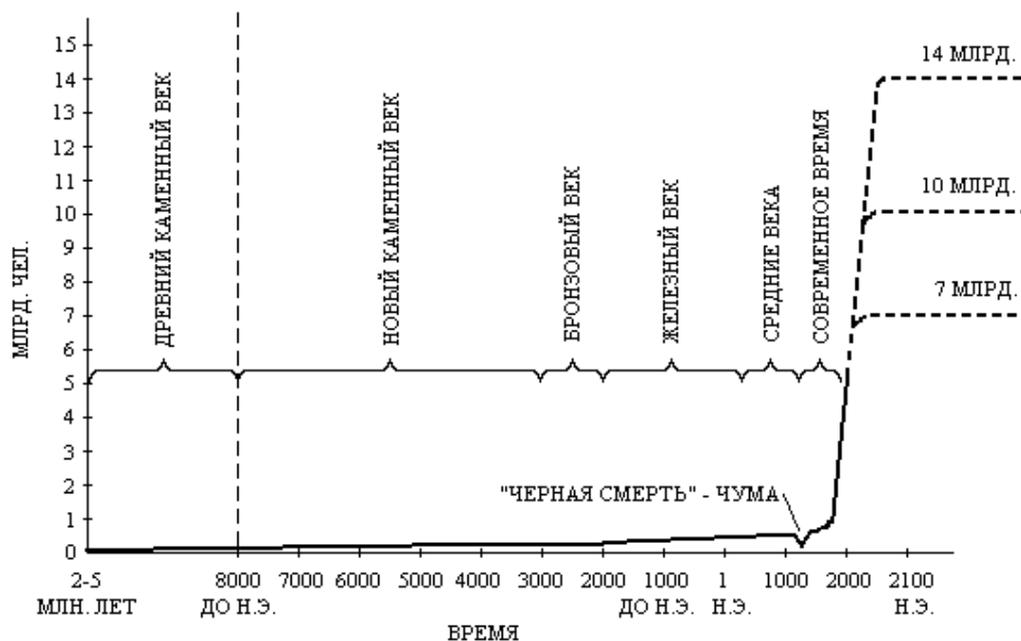
Рис. 3.3. Половозрастные пирамиды для развитых стран (В,Г) на 1984 год и (по пргнозу на 2024 год).

Современные статистические данные говорят о том, что в группе высокоразвитых стран ОКР в среднем равен 15, ОКС - 9, значит прирост населения - 0,6 % в год:

$$15 - 9 = 6 \text{ (на 1000 чел.)};$$

$$6 : 10 = 0,6 \text{ \%}.$$

При современной численности 1,2 млрд. человек такой прирост приводит к ежегодному увеличению населения развитых стран на 7 млн. человек. В то же время в группе слаборазвитых стран ОКР равен 31, а ОКС - 10, что дает прирост 2,1 % в год. При численности населения этих стран в 1988 г. ,9 млрд. человек более высокие темпы прироста населения приводят к увеличению населения этих стран примерно на 83 млн. человек ежегодно.



**Рис. 3.4. График экспоненциального роста численности населения в прошлом и прогноз на 2100 г. (по данным всемирного банка и ООН).**

На протяжении двух последних десятилетий в России наблюдается депопуляция населения (смертность превышает рождаемость). Так, например, в Томской обл. в 1993 г. родилось 9120 человек, а умерло 13902 человек, а в первом квартале 1998 г. родилось 2523 человек, умерло 3386 человек. Показатель детской смертности в РФ - 18 на 1000 новорожденных в то время как в Японии он равен 4,4, а в США - 8. Продолжительность жизни сократилась до 59 лет, что на 10 - 12 лет меньше, чем в развитых странах. Мужчины сибирского Севера живут на 22 года, женщины на 14 лет меньше, чем в северных европейских странах.

Растущее население развивающихся стран ради своего повседневного выживания истощает пастбища и почвы, сводит леса на дрова и совершает многие другие безумные с экологической точки зрения действия. Некогда плодородные земли превращаются в пустыню, а это угрожает биосфере в целом. Устойчивое развитие, к которому мы стремимся, требует гораздо большего, чем безучастное наблюдение за происходящим. Для него необходимы конкретные действия, направленные как на снижение рождаемости, так и на охрану окружающей среды.

### 3.1.2. Проблемы урбанизации

Экономические, природные и социальные условия находятся под воздействием не только роста населения и особенностей его возрастной структуры, но и географического распределения населения между сельскими и городскими районами. В 1900 г. лишь 14 % населения Земли проживало в городских зонах. Сегодня 41 % населения – жители городов: 73 % в развитых странах и 32 % в развивающихся. Предполагается, что к 2000 г. в городах будет проживать две трети населения Земли [18].

Таблица 3.1

Десять наиболее крупных мегаполисов земного шара  
в 1985 и 2000 гг. (по данным ООН)

1985		2000	
Токио-Йокогама	18,8	Мехико	25,8
Мехико	17,3	Сан-Пауло	24,0
Сан-Пауло	15,9	Токио-Йокогама	20,2
Нью-Йорк	15,6	Калькутта	16,5
Шанхай	12,0	Большой Бомбей	16,0
Калькутта	11,0	Нью-Йорк	15,8
Большой Буэнос-Айрес	10,9	Сеул	13,8
Рио-де-Жанейро	10,4	Тегеран	13,6
Лондон	10,4	Рио-де-Жанейро	13,3
Сеул	10,2		

Беспрецедентный рост урбанизации в мире привел к возникновению мегаполисов - городов с населением более 10 млн. человек. В 1985 г. было 10 мегаполисов, большая их часть приходилась на развивающиеся страны (табл. 3.1). По прогнозам ООН к 2000 г. количество мегаполисов увеличится до 26, две трети из них будут расположены в развивающихся странах. Такие города страдают от сильного загрязнения воздуха, массовой безработицы, переполненных трущоб. Свалки мусора и стоки издают зловоние. Люди, живущие в трущобах, лишены канализации и каждый день поставляют тонны отходов в сточные канавы и пустыри. В Мехико, например, более 3 млн. автомобилей, 7 тыс. дизельных автобусов и 130000 фабрик загрязняют атмосферу. Загрязнение атмосферы и воды в Мехико служит причиной 100000 преждевременных смертей в год.

Как в развивающихся, так и в развитых странах урбанизация создает дополнительные проблемы. В городах концентрируются твердые отходы, отмечаются высокие уровни шума, загрязнения воздуха и воды, неотъемлемым условием городов являются стрессы и высокий процент заболеваемости. Городские системы неустойчивы: они зависят от внешних экосистем, постав-

ляющих им продовольствие, воду, энергию, минеральное сырье и другие ресурсы и поглощающих накопившиеся городские отходы. На рис. 3.5. показана схема потребления ресурсов городом с миллионным населением. Здесь же приведены данные по сбросам и выбросам в окружающую среду.



Рис. 3.5. Схема потребления ресурсов, сбросов и выбросов города населением 1 млн. чел. (в тоннах за сутки).

### 3.1.3. Пути решения демографических проблем

Рассмотрим возможные пути решения проблемы прироста населения в данной критической ситуации.

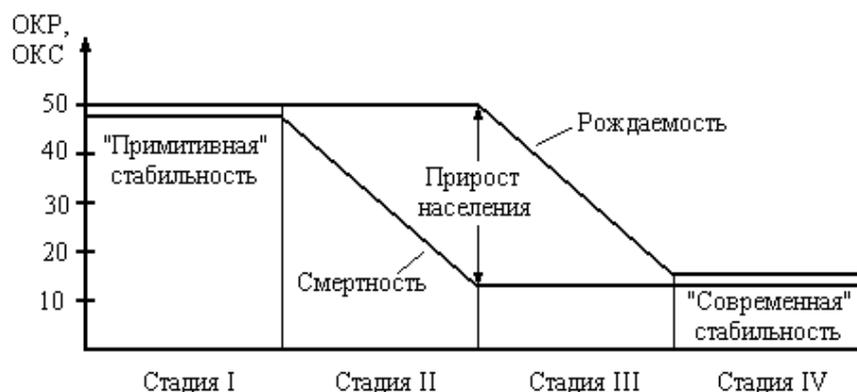
#### 1. Регулирование численности населения через экономическое развитие

Основные усилия по снижению численности населения сосредоточены на снижении коэффициента рождаемости. В 1960 г. только Индия и Пакистан имели официальные программы по сокращению прироста населения. В наши дни такими программами охвачены 93 % населения мира и 91 % населения развивающихся стран.

Существуют три главных подхода к решению проблемы снижения коэффициента рождаемости: экономическое развитие, контроль рождаемости и социально-экономические изменения [18]. Наиболее оптимальный вариант - сочетание двух подходов - экономического развития и контроля рождаемости, а в ряде случаев - сочетание всех трех подходов.

На основе данных, полученных при изучении темпов прироста и убыли населения западноевропейских стран, которые индустриализировали свою экономику в 19 столетии, американские и европейские демографы разработали модель изменения численности населения. Модель получила название -

"переходный период естественного движения населения" (рис. 3.6.). Ее основная идея состоит в том, что, когда государства переходят в разряд промышленно развитых, сначала в них резко падает смертность, а вслед за этим и рождаемость. В результате быстрый рост населения замедляется, а затем показатели рождаемости и смертности выравниваются и постепенно численность населения начинает сокращаться [18].



**Рис. 3.6. Модель изменения численности населения.**

Стадия I - допромышленная;  
 Стадия II - переходная;  
 Стадия III - индустриальная;  
 Стадия IV - постиндустриальная.

Переходный период состоит из четырех стадий:

1. В допромышленной стадии при суровых условиях жизни наблюдается высокий коэффициент рождаемости (чтобы компенсировать высокую детскую смертность) и высокий коэффициент смертности. Население увеличивается медленно, если вообще увеличивается.

2. Переходная стадия начинается вскоре после начала индустриализации экономики. На этой фазе коэффициент смертности падает из-за увеличения производства продуктов питания, улучшения здравоохранения и санитарно-гигиенических условий жизни людей. Но коэффициент рождаемости остается высоким, и общая численность населения быстро возрастает (обычно на 2,5 - 3 % в год).

3. В индустриальной стадии коэффициент рождаемости снижается и по значению постепенно приближается к коэффициенту смертности. Основная причина этого явления заключается в том, что супруги, особенно в городах, понимают, насколько дорого обходится воспитание детей. Кроме

того, когда детей слишком много, они лишаются преимуществ на рынке труда в условиях развивающейся экономики. Высказываются также предположения, что одной из причин снижения рождаемости является высокий уровень пенсионного обеспечения: функция гаранта благополучия стариков переходит от детей к обществу, в целом, снижая стремление людей иметь много детей. Количество жителей продолжает увеличиваться, но все медленнее, и возможны колебания прироста, зависящие от экономических условий. Большинство развитых стран находятся в настоящее время в этой стадии.

4. Когда наступает четвертая стадия - постиндустриальная, - коэффициент рождаемости уравнивается или даже становится ниже коэффициента смертности, и таким образом достигается нулевой прирост населения. Затем коэффициент рождаемости снижается еще больше, и общая численность населения медленно сокращается. К 1989 г. Австрия, Бельгия, Болгария, Чехословакия, Дания, Германия, Финляндия, Греция, Италия, Венгрия, Люксембург, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария и Великобритания достигли или приблизились к нулевому приросту.

Развивающиеся страны находятся все еще в переходной стадии и имеют высокие темпы прироста населения. Без быстрого и устойчивого экономического развития развивающиеся страны могут застрять на этой стадии. В то же время быстрое экономическое развитие развивающихся стран затруднено по многим причинам, например, многие из них не имеют ни средств, ни ресурсов, необходимых для быстрого экономического развития, ни достаточного количества квалифицированных специалистов, владеющих технологиями производства высококачественной продукции, которая выдержала бы конкуренцию на мировом рынке.

С другой стороны, если темпы роста населения в развивающихся странах будут продолжать опережать темпы экономического развития, коэффициент смертности может увеличиться. Это замедлит возрастание численности населения и будет означать, что страна будет скатываться в допромышленную стадию.

Применение данной модели к развивающимся странам, мягко говоря, проблематично: в 19-20 веках, когда Европа и Северная Америка проходили четыре указанные стадии развития, страны этих регионов доминировали в мире в политической, экономической, научно-технической и во многих других сферах. Этого нельзя сказать сегодня о развивающихся странах: в условиях рыночной (конкурентной) экономики доминирующая сторона - развитые страны - не дадут «за так» развивающимся странам ни высоких технологий, ни подготовят для них кадры, способные внедрить высокие технологии в развивающихся странах. Скорее наоборот: лучшие специалисты - выходцы из развивающихся стран «утекут» в развитые страны, что повсеместно и наблюдается. В последнем случае стоит, возможно, говорить об «ассимиляции» развитых стран наиболее способными выходцами из развивающихся стран уже в 21 веке, что было бы неудивительным при отмеченных выше темпах

роста народонаселения данных стран. Но это, как говорят, уже другая история. *Прим. авторов.*

Другая проблема в развитых странах - это замедление темпов прироста населения. В Венгрии и Западной Германии, например, происходит медленное сокращение численности населения. Когда количество жителей в возрасте до 15 лет меньше, чем людей в остальных возрастных группах, можно ожидать сокращение численности населения в течение примерно 60 лет. Единственный способ предотвратить это явление - сделать так, чтобы женщины в репродуктивном возрасте рожали больше детей, или увеличить число иммигрантов. Последнее лишь подтверждает мысль высказанную в первом примечании.

## II. Регулирование численности населения через планирование семьи

Программы по регулированию семьи основаны на просвещении и медицинском обслуживании граждан, они помогают семейным парам определить, сколько и когда они могут иметь детей.

Жители развитых стран обычно "автоматически" получают основные знания о планировании семьи и употреблении контрацептивов. Огромная масса молодежи в развивающихся странах необразованна, лишена даже начальных навыков чтения и письма. Эти люди не имеют самого общего представления о процессе размножения, а тем более о контроле рождаемости или о применении контрацептивов [19].

В развитых странах около 70 % женщин в репродуктивном возрасте прибегают к различным формам контроля рождаемости. В развивающихся странах, если в их число включить Китай, только 39 % женщин в этом возрасте практикуют противозачаточные средства.

Службы контроля рождаемости в развивающихся странах были организованы в 1940 и 1950 годах частными врачами и женскими общественными группами. С тех пор Международная федерация по регулированию рождаемости, Фонд помощи трудоустройства ООН, Всемирный банк и другие страны оказывают странам практическую и финансовую помощь в выполнении программ по контролю рождаемости.

Контроль рождаемости экономит государственные средства, сокращая расходы на различные социальные нужды. Контроль рождаемости влечет за собой и улучшение здоровья жителей, так как в развивающихся странах около 1 млн. женщин умирает от болезней, являющихся следствием осложнений в период беременности. Такие программы помогают также контролировать распространение СПИДА и других болезней, передаваемых половым путем.

В период с 1978 по 1983 г. осуществление программы контроля рождаемости привело к сокращению численности населения в мире на 10 млн. человек, что сэкономило 175 млн. долларов государственных средств на обеспечении жителей продуктами питания, строительстве жилья, производстве одежды, образовании и здравоохранении [18].

### III. Регулирование численности населения через социально-экономические изменения

Наряду с рассмотренными выше способами регулирования численности населения правительства некоторых стран вводят экономические стимулы - вознаграждения и штрафы для поощрения сокращения рождаемости. Кроме того, расширяются права женщин: доступ к образованию, трудоустройству, повышение брачного возраста, что также приводит к снижению рождаемости.

Около 20 стран выплачивают небольшие денежные вознаграждения гражданам, которые соглашаются применять контрацептивы или подвергнуться стерилизации. В Индии каждый гражданин, согласившийся на стерилизацию, получает 15 долларов, что эквивалентно оплате труда сельскохозяйственного рабочего за две недели.

В некоторых странах, например в Китае, семейные пары штрафуются, если число детей в семье больше определенного количества, обычно одного или двух. Штрафы могут взиматься в виде особых налогов или прочих платежей. Семьи, в которых число детей превышает установленный лимит, могут быть лишены бесплатного медицинского обслуживания, им сокращают продовольственные пайки, их в первую очередь увольняют с работы. Вместе с наказаниями разработана и система поощрений в виде оплачиваемого отпуска женщинам, перенесшим стерилизацию и аборт; ежемесячного пособия семье с одним ребенком; преимуществ семей с одним ребенком при обеспечении жильем и т.д.

Вместе с улучшением экономической ситуации такие поощрения и наказания позволили Китаю добиться резкого снижения суммарного коэффициента рождаемости с примерно 4,5 в середине 70-х гг. до 2,6 в 1982 г. и 2,4 в настоящее время [19].

Другой социально-экономический путь регулирования численности населения - улучшение условий жизни женщин. Многочисленными исследованиями доказано, что образование является сильнейшим фактором, заставляющим женщину иметь меньше детей. Образованные женщины с большей вероятностью будут зарабатывать на жизнь вне дома, а не ограничиваться только воспитанием ребенка. Они позже выходят замуж, сокращая тем самым свои репродуктивные годы и меньше теряют детей в младенчестве.

Правительства большинства стран регулируют численность населения, разрешая небольшую иммиграцию из других стран. Ряд государств поощряют эмиграцию в другие страны, чтобы снизить пресс населения. И лишь немногие государства, в основном Канада, Австралия и США, разрешают значительную иммиграцию.

## 3.2. Обеспечение продовольствием

Мировое производство продовольствия более чем удвоилось за период с 1950 по 1984 г., а производство продовольствия на душу населения, в среднем, увеличилось на 40 %. За этот же период среднедушевое производство продовольствия сократилось в 43 развивающихся странах (из них 22 африканские страны), в которых проживает каждый седьмой житель планеты. Прирост в производстве продовольствия в большинстве развивающихся стран с 1950 г. едва соответствовал приросту их населения.

Многие беднейшие слои населения в мире страдают одновременно, и от неполноценного питания и от недоедания. Ежегодно по этой причине умирают от 20 до 40 млн. человек, половину из которых составляют дети в возрасте до 5 лет [18]. Происходит это во многом из-за неудовлетворительного состояния источников пищевой энергии, основными из которых являются:

- обрабатываемые земли, с которых человек получает главную часть пищевой энергии - примерно 88 %;
- естественные пастбища и лесные угодья поставляют порядка 10 % пищевой энергии;
- и, наконец, приблизительно 2 % пищевой энергии человек получает из ресурсов океана.

Вся эта жизнеобеспечивающая система работает на пределе и состояние ее порой сравнивают с напряжением металла перед разрывом.

### 3.2.1. Состояние обрабатываемых земель.

#### Механические "болезни" почв

Площадь земельных ресурсов мира составляет 129 млн. км<sup>2</sup> или 86,5 % площади суши. Пашня и многолетние насаждения в составе сельскохозяйственных угодий занимают около 15 млн. км<sup>2</sup> (10 % суши), сенокосы и пастбища - 37,4 млн. км<sup>2</sup> (25 %) [22]. Остальную часть суши составляют земли малопродуктивные и находящиеся в слишком холодном или засушливом климате.

Земельные ресурсы планеты позволяют обеспечить продуктами питания больше населения, чем имеется в настоящее время и будет в ближайшем будущем. Вместе с тем, в связи с ростом населения, особенно в развивающихся странах, количество пашни на душу населения сокращается. Еще в начале 80-х годов душевая обеспеченность пашней населения Земли составляла 0,45 - 0,5 га, в настоящее время она составляет уже 0,35 - 0,37 га. Обеспеченность пахотными угодьями на человека изменяется в широких пределах. Для Канады она составляет 1,4 га, США - 0,63, Германии - 0,15, Японии - 0,04 га. Для России обеспеченность пашней на душу населения в настоящее время достигает почти 0,82 га.

Ежегодно в мире теряется до 6 - 7 млн. га почвы (0,06 - 0,07 млн. км<sup>2</sup>). Земельный фонд России в 1992г. составил 1709,6 млн. га. За последние 27 лет площадь сельхозугодий России сократилось на 12,4 млн. га, пашни - на 2,3 млн. га, сенокосов - на 10,6 млн. га. Эти потери практически безвозвратны, ибо разрушенная почва восстанавливается только на протяжении нескольких веков, да и то при счастливом сочетании многих условий. А теряются, в первую, очередь самые продуктивные, самые важные участки, расположенные в дельтовых, пойменных, черноземных областях. Например, при строительстве ГЭС в СНГ затоплено около 12 млн. га сельхозугодий. Только в бассейнах Волги и Днепра затоплено 2,5 млн. га плодородных земель.

Общая площадь земель в России, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых, проведения строительных и геологоразведочных работ, составила в 1991г. 1,1 млн. га, из которых 0,7 млн. га нарушено в период с 1976 по 1991 г. Более 50 % этой площади занимали сельскохозяйственные угодья.

Наиболее распространенным способом полива почв является дождевание, при котором хорошо увлажняется воздух и создается благоприятный климат для растений. Но существующие системы создают, как правило, высокоинтенсивный "дождь", который почва плохо впитывает. А это ведет к неравномерному увлажнению, водной эрозии, нарушению уровней грунтовых вод, засолению, заболачиванию.

В неудовлетворительном состоянии в РФ находится 771 тыс. га орошаемых земель, в том числе из-за недопустимой глубины уровня грунтовых вод - 325 тыс. га, засоления - 292 тыс. га, одновременного наличия недопустимой глубины уровня грунтовых вод и засоления почв - 154 тыс. га. Площади переувлажненных и заболоченных земель, используемых под пашню, в 1990 г. составили 8 млн. га (5,2 % пашни), тогда как в 1985 г. их было 5,8 млн. га (4,5 %).

А между тем известны и уже используются в мире принципиально новые системы полива [23,24]:

а) локальное орошение, при котором увлажняются только корнеобитаемые слои;

б) внутрипочвенное орошение - вода поступает к корням по трубкам.

Эти способы исключают потери от испарения, а если в воду добавить минеральные удобрения, то повышается эффективность их использования и снижается загрязнение окружающей среды.

Эрозия, которая представляет собой процесс перемещения почвы, главным образом, ее верхних наиболее плодородных горизонтов, отнимает у человечества более 3 млн. га плодородных земель в год. Основными факторами эрозии являются ветер и поверхностные воды. С оголенного, лишенного растительности участка с едва заметным уклоном (в 2 град.), вода уносит за год 20 т почвы.

Площадь подверженных эрозии сельскохозяйственных угодий в России составляет 124 млн. га (56 %), из них 87,3 млн. га пашни. На больших площадях происходит снижение продуктивности почв из-за уменьшения содержания гумуса. Только за последние 20 лет запасы гумуса сократились на 25 - 30 %, а ежегодные потери в целом по РФ составляют 1,4 млн. т. По данным агрохимического обследования, в России 37,5 млн. га пашни характеризуется низким содержанием гумуса [22].

В естественных условиях эрозия является неизбежным следствием совокупной деятельности вод и ветра. Однако корни растений обычно защищают почву от чрезмерного разрушения. Темпы эрозии в значительной степени ускоряются в результате хозяйственной деятельности человека, приводящей к уничтожению растительного покрова - распашки земель, вырубки лесов, строительства и т.д.

Почва, особенно ее верхний слой, считается возобновимым ресурсом, так как под влиянием природных процессов происходит постоянный процесс ее восстановления. В тропических и средних широтах на восстановление почвенного слоя толщиной в 2,54 см (1 дюйм) требуется от 200 до 1000 лет в зависимости от климата и типа почвы [18]. Однако, если средние темпы эрозии превышают темпы почвообразования, происходят необратимые изменения, и почвы на этом участке переходят в разряд невозобновимых ресурсов. Сегодня на одной трети возделываемых земель планеты пахотный слой разрушается быстрее, чем восстанавливается. Ежегодно в реки, озера и океаны смывается столько почвы, что ею можно было бы загрузить товарный поезд, длины которого хватило бы, чтобы 150 раз опоясать земной шар.

В засушливых регионах мира сочетание природных процессов и хозяйственной деятельности человека приводит к увеличению площади пустынь - так называемому опустыниванию. Опустынивание большей частью происходит вблизи границ существующих пустынь. Оно вызывается обезвоживанием верхних горизонтов почвы в период продолжительных засух и повышенным испарением из-за высоких температур и сильных ветров. Разрушительная деятельность человека, например, сверхинтенсивное использование пастбищ, обезлесивание, открытая разработка полезных ископаемых и т.д. значительно ускоряют темпы опустынивания. В Калмыкии опустыниванию подвержено 4,9 млн. га, из которых 1,8 млн. га находятся в стадии очень сильного опустынивания. В Астраханской области площадь деградированных пастбищ составляет 1,3 млн. га, из них 250 тыс. га - подвижные пески.

Состояние почвы зависит от приемов и методов ее обработки. В предыдущей главе мы говорили о том, что почва - биокосное вещество, представляющее собой единство живого и неживого. При нарушении плотности, температуры, влажности, набора химических элементов или почвенной органики (населенность почв большая, чем морей и океанов - она составляет 1/10 часть ее массы) почва разрушается.

Почва разрушается тяжелыми сельскохозяйственными машинами. Для получения урожая сельхозмашинам по полю нужно проехать в общей сложности 20 раз за сезон. Техника "тяжелее", растет нагрузка на тело почв, они "слипаются", уменьшается их "население", падает плодородие. Средний трактор давит на почву с силой 800 г/см<sup>2</sup>. По подсчетам ученых, более или менее щадят почву только гусеничные тракторы. Это только механическое воздействие, еще ведь есть утечки горючесмазочных материалов и выхлопные газы, которые поглощаются землей (почвой).

Физическому уничтожению почв, их эрозии особенно "помог" отвальный плуг. Традиционно первым этапом в выращивании урожая была (и в значительной мере остается) распашка, основным назначением которой является сведение сорняков. При этом в глубину земли уходят растительные остатки, которые должны разлагаться на поверхности, обогащая почву органическими веществами. Аэробные бактерии, которые должны быть наверху, попадают вниз, анаэробные - на поверхность. Так почвы медленно умирают.

К перечисленному выше нужно отнести прямые потери из-за отвода сельскохозяйственных угодий под городские постройки, дороги, аэродромы и пр. Так, при прокладке трубопроводов нормами предусмотрено отторжение на каждые 100 км - 400 га, при прокладке дорог - на каждые 100 км - 200 га. Это, так называемые, полосы отчуждения.

В развитых странах урбанизация поглощает ежегодно около 3 тыс. км<sup>2</sup> продуктивных земель. Всего же разрастающиеся города мира к концу столетия могут поглотить площади, способные прокормить около 120 млн. человек. А через 100 лет человечество может потерять две трети площадей, пригодных для земледелия.

Наряду с "механическими" травмами почвы страдают "химическими" болезнями. В первую очередь из-за нерационального применения минеральных удобрений.

Миллионы тонн азота, фосфора, магния и калия вместе с урожаем изымаются из почв. Их перемещение обедняет почвы одних районов и загрязняет другие. Только азота мировым урожаем из почв выносится более 100 млн. т. Промышленность, производящая азотные удобрения, может сегодня восполнить лишь четвертую его часть. И если бы не микроорганизмы, усваивающие азот из воздуха и переводящие его в пригодные для питания корней формы, человечество осталось бы без продуктов. Минеральные удобрения временно спасли разрастающееся человечество: 1 кг удобрений позволяет получать до 5 - 6 кг прибавок зерновых урожаев. Благодаря им за последние 30 лет сбор урожаев зерновых увеличился на четверть, правда, потребление азотных удобрений возросло почти в 8 раз. Такое несоответствие объясняется несовершенством твердых удобрений - содержание полезно действующих веществ в них составляет примерно 40 %, из которых растения усваивают не больше половины. Остальная масса выносится в реки, грунтовые воды, остается в почвах, загрязняя все это. Нарушение круговорота азота способствует

накоплению его в нитратной и нитритной формах в воде, почве, продуктах питания. Потребление нитратов в количествах 8 - 15 г вызывает у людей рвоту, расстройства деятельности желудочно-кишечного тракта, нарушение кровообращения, образование злокачественных опухолей.

Еще один загрязнитель, сознательно вносимый человеком в почву - пестициды. Все виды пестицидов представляют собой яды и поражают не только животных - вредителей, сорняки и возбудителей болезней культурных растений, но и много других полезных животных и растений.

В США обрабатывается пестицидами 61 % сельскохозяйственных земель (половина объема использованных пестицидов идет на обработку только технических культур), в СНГ - 87 % [24]. Подсчитано, что 98 % инсектицидов (против насекомых и фунгицидов (против грибковых заболеваний), 60 - 95 % гербицидов (против сорняков) не достигают объектов подавления, а попадают в воду и воздух, накапливаются в почве и продуктах питания. Кроме этого применяют еще и зооциды (против грызунов), которые создают в почве безжизненную среду.

Пестициды, содержащие хлор, фтор и ртуть, обладают чрезвычайной биологической активностью, высокой химической активностью, способностью накапливаться в различных звеньях пищевой цепи. Даже в ничтожных концентрациях подавляют иммунную систему организма, снижают умственную и физическую работоспособность человека. В более высоких концентрациях эти вещества оказывают мутагенное, канцерогенное и тератогенное (повреждающее зародыши) действие, поражают нервную систему, пищевой тракт, нарушают детородные функции женщин.

Еще одна проблема - увеличение кислотности почв. Заводы, фабрики и особенно теплоэлектростанции выбрасывают ежегодно в атмосферу десятки млн. тонн окислов серы, азота, которые путешествуют на сотни км и выпадают на землю кислотными дождями. Дожди эти угнетают не только почвы и растения, они снижают приросты древесных пород, сокращают рыбные запасы, влияют на здоровье людей. Большая часть почв раскисляется в пригородной зоне. На поливаемых кислыми дождями землях урожай сокращается на 40 %.

Почвы вокруг больших городов и крупных предприятий цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями фтора и другими токсичными веществами. В почвах 85 городов РФ, особенно в пятикилометровой зоне вокруг них, среднее содержание свинца находится в пределах 0,4 - 80 значений предельно допустимой концентрации [22].

В [25] приведены результаты исследования содержания тяжелых металлов в почвах Томска и Томской области. Так, в почвах Кировского района и Иркутского тракта содержатся тяжелые металлы I класса опасности - кад-

мий, ртуть, свинец, цинк; в Ленинском районе - вещества 2 класса опасности: кобальт, никель, медь, хром. Достаточно высокое содержание этих металлов обнаружено в почвах Томского района, причем в Кемерово ситуация по загрязнению почв значительно лучше, чем в Томске, что объясняется меньшим количеством вредных производств. Содержание многих элементов в растениях увеличивается по сравнению с их содержанием в почве, так как растения усваивают дополнительное количество этих элементов из воды и воздуха.

После аварии на Чернобыльской АЭС на территории России в 14 областях образовались зоны загрязнения местности цезием - 137 общей площадью почти 55,1 тыс. км<sup>2</sup>. По воздействию на окружающую среду аварию на Чернобыльской АЭС следует рассматривать как малую атомную войну, которая нанесла непоправимый ущерб земельным ресурсам: сотни тысяч гектаров сельскохозяйственных и лесных угодий практически навсегда выведены из строя [22].

В Свердловской, Челябинской и Курганской областях загрязнена радиоактивными элементами площадь около 4000 км<sup>2</sup>. Загрязнение является следствием аварийных ситуаций 1949, 1957 и 1967 гг., а также производственной деятельности комбината "Маяк". Гамма-излучение от радиоактивных элементов, в частности, от цезия - 137, составляет около 60 мкР/ч, что в несколько раз превышает естественный радиоактивный фон.

Исследования, которые проводились в ТПУ, позволили выявить даже на удалении около 80 км от Сибирского химического комбината аномальные концентрации некоторых радионуклидов в почвах [26]. Подобные аномалии появились в результате нормальной производственной деятельности СХК, тем более высокая плотность загрязнения почв некоторых населенных пунктов (д. Георгиевка и Наумовка) возникла в результате взрыва на радиохимическом заводе СХК 6 апреля 1993 года.

Интенсивное загрязнение почв, отторжение территорий, в том числе и сельскохозяйственных, происходит в результате захоронения радиоактивных отходов, особенно, если при этом не соблюдаются регламенты.

Таким образом, почва - незаменимая основа продовольствия - нуждается в защите и сохранении.

### **3.2.2. Леса и пастбища – поставщики пищевой энергии**

Леса выполняют жизненно необходимую экологическую функцию. Залесенные водосборы функционируют как гигантские губки, абсорбирующие, накапливающие и постепенно отдающие воду, подпитывая ручьи, реки и подземные горизонты. Леса регулируют сток с гор на равнинные распаханые и городские земли, способствуют предотвращению эрозии почв, наводнений, регулируют количество наносов, поступающих со стоком в реки, озера, водохранилища.

Леса играют важную роль в глобальных круговоротах углерода и кислорода. Благодаря процессу фотосинтеза деревья очищают воздух, поглощая диоксид углерода и выделяя кислород. Когда же деревья вырубаются и сжигаются, содержащийся в них углерод поступает в атмосферу в виде диоксида углерода. Сведение лесов приводит также к окислению и выделению в воздух углерода, накопившегося в почве под деревьями. Таким образом, крупномасштабное обезлесение вносит заметный вклад в создание парникового эффекта.

Леса служат естественным местообитанием для большого, чем в любых других экосистемах, числа диких видов растений и животных. Это делает их крупнейшим на нашей планете хранилищем биологического разнообразия. Кроме того, леса поглощают шум, многие загрязняющие воздух вещества и благотворно влияют на настроение людей, обеспечивая их потребность в уединении и красоте.

Согласно оценке, приведенной в [18], за 50 лет жизни среднее дерево в тропическом лесу обеспечивает "экологический доход" от производства кислорода, сокращения загрязнения воздуха, контроля эрозии и почвенного плодородия, регулирования водного режима, обеспечения местообитаний для диких животных и производств протеина в размере 196250 долларов. Проданное же как древесина, оно принесет лишь около 590 долларов.

Тропические леса - источник половины всей добываемой в мире твердой древесины. Среди пищевых продуктов, получаемых в тропических лесах - кофе, какао, специи, орехи, фрукты. Сырье для четверти всех медикаментов, которые мы используем, получают из растений, произрастающих в тропических лесах. Аспирин производится на основе вещества, выделяемого из листьев тропических ивовых деревьев. Около 70 % перспективных лекарств против рака может быть получено из растений тропических дождевых лесов.

Чудом Сибири, жемчужиной тайги, хлебным деревом называют кедр. Ядро его ореха содержит до 60 % жира, 20 % белка, 12 % крахмала, 4 % клетчатки, а также целый комплекс витаминов, улучшающих состав крови и благотворно влияющих на кожную ткань. Кедровое масло по калорийности не уступает куриным яйцам, оно хорошее средство при лечении легочных и почечных заболеваний [24].

Среди главных причин сведения лесов следует выделить следующие:

- освоение новых территорий под сельское хозяйство;
- получение древесины для строительства, деревообрабатывающей и бумажной промышленности;
- получение топлива для приготовления пищи и обогрева;
- лесные пожары.

Развитые страны пережили массовую вырубку лесов еще до и во время Промышленной революции, что привело к тяжелым для них последствиям, например, снижению плодородия многих земель. Однако промышленно развитые страны, в целом, осознали эту проблему и в настоящее время восста-

навливают леса со скоростью, во всяком случае, равной скорости их вырубания.

В развивающихся странах для двух третей населения (около 2,5 млрд. человек) эра современной энергетики еще не наступила. Дрова все еще нужны для обогрева и приготовления пищи. Даже в городах многие используют древесный уголь, производимый в сельской местности путем вырубания и обжига древесины. Приблизительно 60 % этих людей вырубает леса быстрее, чем те растут. В некоторых странах вырубка идет в пять раз быстрее лесовосстановления.

С начала этого столетия площадь под африканскими лесами сократилась почти вдвое, а в отдельных странах в 5 - 10 раз. Так, в Эфиопии в начале века лесные массивы располагались на 40 % территории. Сейчас под лесами осталось лишь 3,5 %. В Индии 40 лет назад леса занимали 22 % территории, сейчас на их долю едва приходится 10 % [21].

Опасными темпами исчезают леса Сибири. Здесь ежегодно вырубается более полумиллиона гектаров лесов, тогда как новые посадки осуществляются лишь на одной трети вырубок. Ученые фиксируют изменение сибирского ландшафта. В большинстве случаев на месте вырубок начинается заболачивание местности. Поскольку вырубает прежде всего сосновые, а то и кедровые, наиболее ценные леса, то повсеместно наблюдается обеднение лесного покрова. В 1988 г. Томская тайга горела 500 раз. Способствует пожарам в сибирских лесах обслуживающий персонал нефтепроводов, выжигающий нефть: весной 1989 г. по вине рабочих Александровского управления нефтепроводов сгорело 25 га кедровой тайги [24].

Итак, под натиском человека леса отступают на всех континентах, практически во всех странах, но особенно массивное уничтожение лесного покрова происходит в тропическом поясе.

Леса спасают от опустынивания пастбища планеты, на которых кормится около 3 млрд. голов скота.

Каждый вид пастбища имеет свою емкость поголовья - максимальное число травоядных животных, которое данная территория может обеспечить пищей. Емкость зависит от сезона, состояния пастбища, его предшествующего использования для выпаса, ежегодных климатических условий, типа почв, вида выпасаемых животных и периода выпаса.

Выпас от слабого до умеренного необходим для нормальной жизнедеятельности пастбищных экосистем. Он поддерживает круговорот воды и питательных веществ, обязательный для нормального роста злаков и развития корневой системы, сдерживания почвенной эрозии и накопления органического вещества в почве.

Перевыпас наблюдается в тех случаях, когда слишком много выпасаемых животных долго кормятся на пастбище и превышают его емкость. Крупные популяции диких травоядных могут вызвать перевыпас во время длительных засушливых периодов. Но, в основном, перевыпас бывает обуслов-

лен продолжительным выпасом на определенном участке чрезмерного количества домашнего скота.

Сильный перевыпас превращает сплошной травяной покров в отдельные задернованные пятна и увеличивает подверженность почвы эрозии. Иногда перевыпас настолько силен, что исчезает вся растительность и образуются бесплодные пустыни, особенно подверженные эрозии. Перевыпас в сочетании с длительной засухой может превратить потенциально продуктивное пастбище в пустыню. Вездеходные машины также повреждают или разрушают растительный покров пастбищных угодий.

Недостаточный выпас также способен ухудшить состояние пастбища как источника пищи для домашнего скота и многих диких травоядных. В этом случае остается неповрежденной большая часть листьев и стеблей, что заглушает рост травы и смещает процесс сукцессии со злаковых трав на древесные растения и разнотравье. Недостаточный выпас, подобно перевыпасу, приводит к нарушению циклов питательных веществ и воды, увеличивает эрозию и деградацию почв.

Две трети пастбищ США пребывают в удовлетворительном и плохом состоянии [18]. В Ираке поголовье скота превышает предельные емкости пастбищ в четыре раза, в Сирии - втрое. И в России в некоторых регионах нагрузки на природу превышают имеющийся природно-ресурсный потенциал. Пример тому - Калмыкия. Здесь ранее никогда не было более 890 тыс. овец, давали они по 25 кг мяса каждая. Теперь овец не менее 4 млн. Оптом они дают продукции столько же, как прежние 890 тыс., но худшего качества. Оказывается, что продуктивность пастбищ выше, когда ими пользуются дикие животные. Так, с 1 га африканской саванны получено 150 кг мяса диких животных, откорм же на аналогичной площади домашних дал в 6 раз меньше. Человек просто не научился безболезненно вписывать в природу свое животноводство. Контроль за распределением по пастбищу пасущихся животных - лучший способ предотвратить перевыпас и недовыпас. С этой целью скотоводы могут строить ограждения для защиты деградированных пастбищ, перегонять скот с одного пастбища на другое, обеспечивать дополнительное питание на специальных участках, размещать воду и соль в ключевых местах.

### 3.2.3. Мировые рыбные промыслы

Третий источник продуктов - рыболовство. Мы получаем с пищей в среднем 4 % белков животного происхождения, непосредственно потребляя рыбу и ракообразных, и 5 % косвенно за счет рыбы, скармливаемой скоту. Этот источник животных белков богаче говядины, в два раза богаче яиц, в три раза богаче птицы. В большинстве азиатских прибрежных стран на долю рыбы и ракообразных приходится от 30 % до 90 % получаемого населением белка животного происхождения.

Около 87 % годового коммерческого улова рыбы и ракообразных приходится на моря и океаны, а остальная часть - на пресноводные источники. Почти половина мирового промышленного улова морских рыб приходится на долю пяти стран: Японии (16 % улова), СНГ (13 %), Китая (7 %), США (6 %) и Чили (6 %).

В период с 1950 по 1970 годовой промышленный улов рыбы утроился и достиг рекордного уровня - 70 млн. т. Увеличение лова рыбы значительно превышало увеличение производства любого другого продукта питания за то же время. Это вызвало в широких кругах общественности оптимизм и надежду на то, что мировой улов рыбы вскоре увеличится до 100 млн. т. в год, что по оценкам, равняется максимально допустимому объему добычи.

Однако этого не случилось. Население мира продолжало расти, а это означало, что в период с 1970 по 1986г. средний улов рыбы в душевых показателях уменьшился, несмотря на незначительное увеличение объемов годового улова. Ожидается, что из-за чрезмерного вылова рыбы, загрязнения океана, роста населения и повышения спроса на рыбную продукцию средний улов рыбы на душу населения снизится к 2000 году до уровня 1960 года (~ 40 млн. т).

Чрезмерный вылов рыбы означает, что рыбы вылавливается так много, что ее почти не остается для восстановления численности популяции. К началу 1980 г. из-за чрезмерного вылова истощились запасы 42 ценных видов рыб. В их числе треска и сельдь в Северной Атлантике, лосось и аляскинский королевский краб в северо-западной части Тихого океана, а также перуанские анчоусы в юго-восточной части Тихого океана.

## 3.3. Способы увеличения мирового производства продовольствия

### 3.3.1. Охрана почв

Мероприятия по охране почв включают использование различных методов, направленных на снижение эрозии почвы, предотвращение выноса питательных веществ и восстановление плодородия, утраченного в результате эрозии, выщелачивания и чрезмерной эксплуатации сельскохозяйственных угодий [27].

В подразделе 3.2.1 мы уже обсуждали вопрос, касающийся обработки почвы. При обычной обработке почвы ее пахут, обрабатывают дисковым культиватором и выравнивают. Если для весеннего сева пахоту производят осенью, то почва остается оголенной в течение всей зимы и первых весенних месяцев, что делает ее уязвимой для эрозии.

Известны почвозащитные методы земледелия - безотвальная, беспашотная (минимальная) обработка почвы. В нашей стране безотвальная обработка почвы впервые была осуществлена академиком Т.С. Мальцевым.

При безотвальной обработке старинный отвальный плуг заменяется клинообразными или плоскорезными орудиями, оставляющими поля как бы нетронутыми, без отвала пласта, но разрыхленными в глубине, а с поверхности скрепленными остатками растительных корней.

При беспашотной (минимальной) обработке почвы семена, удобрения и гербициды вносятся в борозды, сделанные в почве без ее пахоты специальными машинами.

При такой обработке почвы лучше сохраняются, больше накапливают влаги, на меньшую глубину промерзают, их в местной степени разрушают талые воды. Урожай при использовании почвозащитных методов такой же или выше, чем при традиционном возделывании почвы. Методы эти можно использовать в течение трех - семи лет, затем все же необходима интенсивная вспашка для сохранения высоких урожаев.

Недостатком поверхностной обработки земель является необходимость обязательного применения гербицидов для борьбы с сорняками.

По оценкам Министерства сельского хозяйства США, использование поверхностной обработки земли на 80 % площади позволит снизить эрозию почвы по меньшей мере наполовину. В настоящее время технология сокращенной обработки почвы распространена почти на трети сельхозугодий США, в нашей стране - на пятой части пашни.

Темпы эрозии почвы на пологих склонах могут быть снижены примерно на 30 - 50 % за счет применения контурного земледелия - пахоты поперек, а не вдоль склона. Каждый ряд растений, высаженных под прямым углом к склону, служит в качестве маленькой плотины, которая помогает удерживать почву и замедляет сток воды.

На более крутых склонах используется террасирование. Склон преобразуется в ряд широких, почти ровных террас с незначительным расстоянием между ними по вертикали. Каждая из террас задерживает часть воды, стекающей вниз по склону. В районах с большим количеством осадков за каждой террасой строятся отводные каналы в целях обеспечения необходимого дренажа.

При полосной обработке почвы одна широкая полоса обработанной земли отводится под сельскохозяйственную культуру, например, кукурузу, а следующая полоса засеивается покровной культурой, такой, как люцерна, которая полностью закрывает почву и таким образом снижает эрозию. Черес-

полосица, практикуемая на горных склонах, в сочетании с террасированием и контурным земледелием, может сократить потери почвы до 75 %.

Снижение эрозии достигается и при аллейном земледелии, когда сельскохозяйственные культуры засеваются аллеями между живыми изгородями из фруктовых деревьев и кустарников, которые дают плоды и дрова.

На склонах гор, не покрытых растительностью, под воздействием поверхностного стока быстро образуются овраги. Такие земли могут быть восстановлены за счет укрепления оврагов. Небольшие овраги засаживают такими быстрорастущими культурами, как овес, ячмень, пшеница, с тем, чтобы уменьшить эрозию. В глубоких оврагах строят небольшие плотины для удерживания наносов и постепенного заполнения самого оврага. Для укрепления почвы высаживаются быстрорастущие кустарники и деревья.

Ветровую эрозию пахотных земель можно снизить ветрозащитными или лесозащитными полосами. Лесозащитные полосы особенно эффективны в тех случаях, если необрабатываемая земля покрыта растительностью. Деревья также являются средой обитания птиц, поедающих вредителей, насекомых, которые опыляют растения.

Для частичного восстановления питательных веществ, потерянных почвой в результате эрозии и сбора урожая, в почву могут вноситься органические удобрения, являющиеся альтернативой минеральным. В числе трех основных видов органических удобрений - навоз животного, перегной растительного происхождения и компост. Навоз животного происхождения является органическим удобрением из твердых и частично жидких экскрементов крупного рогатого скота, лошадей, птицы и других сельскохозяйственных животных. Применение навоза животного происхождения улучшает структуру почвы, увеличивает содержание в ней азота и стимулирует рост и воспроизводство почвенных микроорганизмов.

Перегной растительного происхождения образуется из естественных или культивируемых зеленых растений, которые запахиваются в почву для увеличения содержания в ней органического вещества и гумуса для повышения урожайности в следующем году. Он может состоять из сорняков на необрабатываемых землях, трав и клевера на полях, ранее используемых под пастбища, из растений семейства бобовых, которые выращиваются для использования в качестве удобрений для увеличения в почве запасов азота.

Компост представляет собой богатое естественное удобрение. Готовят его, накапливая чередующиеся слои богатых углеводами растительных остатков (листья и обрезки деревьев), навоза животного происхождения и почвы. Эта смесь изобилует микроорганизмами, которые способствуют разложению навоза и растительных остатков.

Еще один способ, призванный предотвратить истощение питательных веществ в почве - севооборот сельскохозяйственных культур. Этот метод помогает восстановлению в почве питательных веществ, снижает эрозию, со-

храняя растительный покров, а также снижает число вредителей и заболеваемость растений.

Человек пока не может отказаться от применения пестицидов, но необходим строгий контроль за их применением, соблюдение требований безопасности, хранения и транспортировки.

Известны биологические способы борьбы с вредителями - применение насекомых, микроорганизмов, растений. Например, трихограмма - насекомое, самка которого откладывает яйца в кладки других насекомых. Личинка, развиваясь в яйце хозяина, губит его. Трихограмма способна уничтожить около 200 видов листогрызущих вредителей на многих миллионах гектар. Использование ее в 4-5 раз экономичнее ядохимикатов, чего к сожалению нельзя сказать о других биопрепаратах. В среднем затраты на обработку ими 1 га втрое больше, чем на химическую защиту.

### 3.3.2. Увеличение мирового производства продовольствия

#### 1. *Повышение урожайности сельскохозяйственных культур.*

Ученые, занимающиеся проблемами сельского хозяйства, надеются, используя достижения генной инженерии и другие формы биотехнологии, создать в ближайшие 30 - 40 лет новые высокоурожайные сорта растений, которые будут более устойчивы к вредителям и болезням, менее требовательны к удобрениям. Вырабатывая сами азотное удобрение, они будут хорошо расти на слабо засоленных почвах, смогут противостоять засухам и будут более эффективно использовать солнечную энергию в процессе фотосинтеза [27]. Правда, стоимость таких культур будет слишком высока.

#### 2. *Возделывание новых площадей земли.*

Теоретически площадь пахотных угодий планеты может быть удвоена за счет расчистки тропических лесов и орошения засушливых земель. Но превращение этих малопродуктивных земель в пашню уничтожит ценные лесные ресурсы, приведет к возникновению серьезных экологических проблем и, как правило, экономически не выгодно.

На рис. 3.7 представлена классификация земель.

Во влажных тропических лесах выпадает большое количество осадков, а урожай здесь можно выращивать практически в течение всего года. Однако часть почв тропических лесов не пригодна для интенсивного возделывания. Около 90 % необходимых растениям питательных веществ находятся в лесной подстилке и в растительности, а не в почве. В лесах умеренного климата, например, лишь 3 % питательных веществ находится под землей.

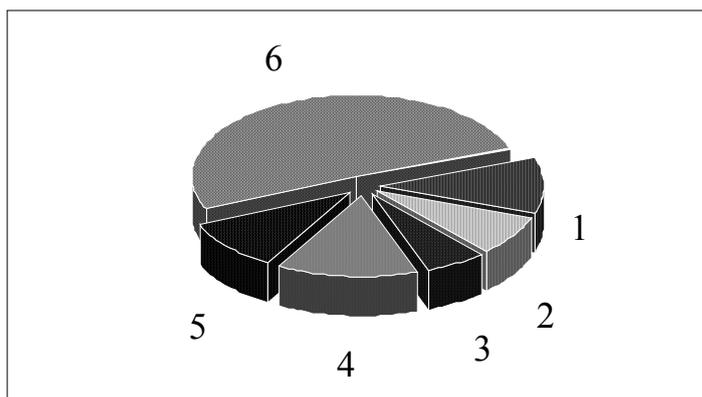


Рис. 3.7. Классификация земель.

1. Используемые земли. Посевная площадь 11 %.
- 2-3. Потенциальная пашня:
  2. Тропические леса 8 %; 3. Засушливые земли 6 %.
4. Потенциально пригодные земли. Леса и засушливые земли 14 %.
5. Используемые земли под пастбища 10 %.
6. Земля, не используемая под пашню или пастбища: ледники, снега, пустыни и горы 51 %

Почти 75 % площади бассейна Амазонки, где расположена примерно треть потенциальных сельскохозяйственных угодий, имеют малоплодородные почвы с высокой степенью кислотности.

Теплый климат, высокая влажность благоприятствуют существованию огромных популяций насекомых - вредителей и возникновению болезней, способных уничтожить урожай. Научные исследования показывают, что выращенный в тропиках урожай подвергается нападкам насекомых и болезням в 10 раз больше, чем урожай, получаемый в умеренном климате.

### 3. Нетрадиционные продукты питания.

Из всех видов растений (более 300 тыс.) потенциально пригодны для употребления в пищу 75 тыс. видов. За всю историю человечество «попробовало» 3 тыс. видов, а культивировало - 150. Сейчас в основе потребляемых нами продуктов питания содержится всего 20 видов растений. И не потому, что остальные несъедобны. Просто они непривычны.

### 4. Увеличение уловов и разведение рыбы.

В настоящее время из 16 тыс. известных видов рыб промысловыми считаются около 1,5 тыс., из которых отлавливается 10 - 15 видов. Всего же в океане насчитывается более 150 тыс. видов живых организмов, а в качестве пищевых продуктов используется около 2 тысяч. При этом большая часть улова производится в районах Тихого океан и Атлантики.

Некоторые ученые полагают, что мировой промышленный улов рыбы и ракообразных может быть увеличен до 100 млн. т. в год. Обнадеживает тот факт, что Конвенции ООН 1982 г. По вопросам морского права подписали 159 государств. Этот договор дает всем прибрежным странам юридическое право контролировать лов рыбы собственным рыболовным флотом и иностранными судами в пределах 364-километровой зоны от побережья. В слу-

чае соблюдения этот договор способен существенно сократить чрезмерный вылов.

Мировой улов рыбы можно также увеличить за счет вылавливания большего количества кальмаров, осьминогов, антарктического криля и других недоиспользуемых в настоящее время видов.

Другой путь расширения производства рыбы связан с сокращением количества отходов. В настоящее время на их долю приходится пятая часть среднегодовой добычи. В основном это потенциально полезная рыба, но не та, на которую ведется лов. Увеличение улова может быть достигнуто также за счет более широкого применения на судах холодильных установок для предотвращения порчи рыбы. Эксперты полагают, что объем ежегодно выращиваемой на пресноводных и морских аквафермах продукции к 2000 г. увеличится в три раза. На долю аквакультуры приходится около 8 % мирового промышленного улова рыбы.

#### *5. Устойчивое сельскохозяйственное производство.*

Решить проблему голода в мире, снизить загрязнение и деградацию окружающей среды, обусловленные сельским хозяйством, можно за счет перехода к устойчивому сельскохозяйственному производству. Это производство сочетает современные методы индустриального и мелкотоварного сельского хозяйства с новейшими сельскохозяйственными технологиями. Оно направлено на эффективное использование местных климатических условий, почв, ресурсов и культурных традиций.

## **Глава 4. ПРОБЛЕМА СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ**

Научно-техническая революция создала огромные возможности для покорения сил природы: человечество начало осваивать все доступные возобновимые и невозобновимые ресурсы. Использование некоторых находится на пределе. Общее потребление природных ресурсов возросло за 10000 лет в сто раз [1].

Несовершенство современной технологии не позволяет полностью перерабатывать минеральное сырьё. Большая часть его возвращается в природу в виде отходов. Ежегодно в биосферу поступает более 30 млрд. т бытовых и промышленных отходов, изменяющих состав биосферы, круговорот и баланс слагающих её веществ.

## 4.1. Классификация природных ресурсов Земли

Природные ресурсы Земли - средства существования людей, находящиеся в природе. Природные ресурсы Земли делят на неисчерпаемые и исчерпаемые. Последние, в свою очередь, делят на возобновимые и невозобновимые (рис. 4.1) [31].

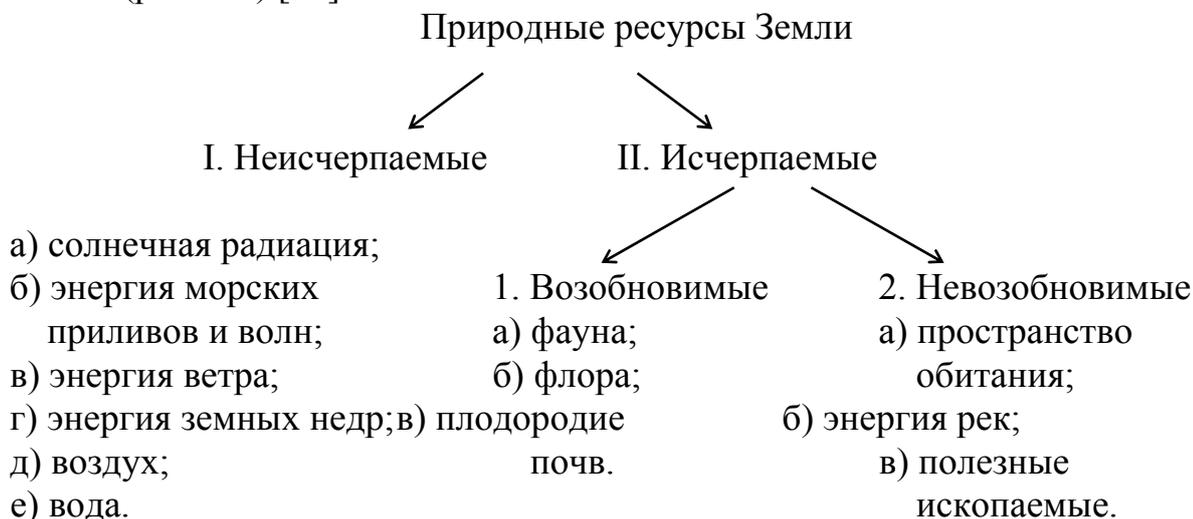


Рис. 4.1. Классификация природных ресурсов Земли

Приведенная схема является весьма условной, так как воздух и вода не могут быть безоговорочно отнесены к неисчерпаемым (только из-за огромных масс воды и воздуха). Под влиянием антропогенного фактора химический состав и физическое состояние атмосферы и гидросферы изменяются, теряется их биологическая ценность. Пресная вода, к тому же, составляет только 2 % от объёма всей гидросферы, т.е. 35 млн. км<sup>3</sup>, и расположена она неравномерно на Земле.

Проанализируем современное состояние природных ресурсов Земли. Практически обо всех неисчерпаемых ресурсах, являющихся источниками нетрадиционных методов получения энергии, речь пойдёт в главе 5. В связи с этим в этой главе внимание будет уделено возобновимым и невозобновимым исчерпаемым ресурсам.

## 4.2. Состояние исчерпаемых возобновимых ресурсов

Проблему состояния обрабатываемых земель мы достаточно обстоятельно обсудили в предыдущей главе, поэтому мы будем вести речь о ресурсах растительного и животного мира.

В настоящее время идентифицировано примерно 1,5 млн. видов растений и животных, из них две трети приходится на насекомых [27,44]. Учёные полагают, что эта цифра отражает лишь часть того огромного видового бо-

гатства, которое существует на Земле; не исключено, что число видов достигает 5 - 30 млн.

Анализ ископаемых остатков показал, что вид в среднем живёт менее 10 млн. лет и что из всех видов, когда-либо существовавших на Земле, 99 % исчезли или эволюционировали в новые виды. Массовое вымирание в далеком прошлом происходило в результате природных причин. С тех пор, как в биосфере появился человек, и, особенно, с появлением земледелия около 10000 лет назад, в результате антропогенной деятельности скорость исчезновения видов возросла в миллион раз (на уровне 1980 г.) и предполагается, что такая тенденция сохранится и в ближайшие десятилетия.

По приблизительным оценкам в период между 8000 г. до н.э. и 1975 г. н.э. средняя скорость исчезновения видов млекопитающих и птиц возросла в 1000 раз (рис. 4.2) [27]. Если включить сюда скорость исчезновения видов растений и насекомых, то скорость их вымирания в 1975 г. составляла до нескольких сотен видов в год (рис. 4.3). С тех пор скорость исчезновения видов увеличилась. В 1985 г. скорость вымирания возросла в 10 раз - до нескольких тысяч видов в год.

За период с 1975 по 2000 гг. в результате человеческой деятельности исчезнет не менее 500000, а возможно, и 1 млн. видов. К 2000 г. в результате антропогенной деятельности в среднем будет исчезать 20000 видов в год, т.е. 1 вид каждые 30 минут - 200 - кратное увеличение скорости вымирания всего за 25 лет. [27].

В известной нам литературе, в основном, присутствуют данные об исчезновении животных. Однако исчезновение растений с экологической точки зрения более важно, так как от растительной пищи прямо или косвенно зависит большинство видов животных. По оценкам, более 10 % видов растений мира сегодня находятся под угрозой исчезновения. К 2000 г. исчезнет от 16 до 25 % всех видов растений.

Необходимо отметить, что современный всплеск вымирания, вызванный антропогенной деятельностью, происходит всего нескольких десятилетий по сравнению с миллионами лет в прошлом. Такое исчезновение не может быть компенсировано видообразованием, так как для развития нового вида необходимо от 2000 до 100000 поколений.

В [27] виды, которым грозит исчезновение, классифицируются как находящиеся в опасности или под угрозой вымирания.

У подвергающегося опасности вида остаётся так мало выживших особей, что вид может скоро исчезнуть полностью или на большей части своего ареала обитания. Примером могут служить белые носороги в Африке (осталось 100 особей), калифорнийский кондор в США (в диком состоянии не осталось ни одного), большая панда в Центральном Китае (осталось 1000 особей) и снежный барс в Центральной Азии (осталось 2500 особей).

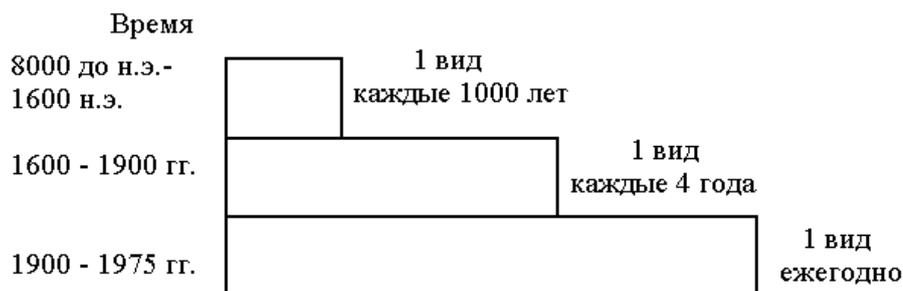


Рис. 4.2. Расчеты среднегодовой скорости вымирания млекопитающих и птиц в период между 8000 г. до н.э. и 1975 г. [27].



Рис. 4.3. Оценка годовой скорости вымирания всех видов в период между 1975 и 2000 гг.

Виды, находящиеся под угрозой вымирания, достаточно многочисленны в пределах своего ареала обитания, но их число уменьшается и им грозит опасность исчезновения. Это, например, африканский слон, белоголовый орлан, медведь гризли.

Многие дикие виды не подвергаются опасности исчезновения, но численность их популяций резко сокращается на локальном или региональном уровнях. Так, в России с 1988 по 1991 г. численность моржа и морского котика снизилась вдвое, сивуча - в 5 раз. По данным [45] в Томской области в 1994 - 1995 гг. наблюдалось устойчивое снижение численности зайца-беляка в 2 раза, бобра - в 5 раз, северного оленя - в 3 раза, лося - на 34 %, причем у копытных в 1995 г. отмечена минимальная численность за последние 10 лет. Подобная негативная тенденция характерна и для соболя, численность которого в области сократилась за 5 лет с 31 до 19 тыс. особей.

Основными, связанными с деятельностью человека факторами, которые способны подвергнуть виды угрозе, опасности или исчезновению, являются:

1. Уничтожение или нарушение мест обитания. Строительство городов, сведение лесов, осушение болот, распашка лугов, разработка месторождений создают угрозу диким видам посредством нарушения путей миграции, районов размножения и источников пищи. Так, в Томской области в 1994-1995

гг. при общем снижении численности лосей на 34 % в районах действующих нефтяных месторождений наблюдалось уменьшение на 60 %. При этом исчезли многолетние места зимних стойбищ лосей в Привасюганье и по всей западной границе области, практически исчезли популяции северного оленя на левобережье Оби [45].

Многие редкие и находящиеся под угрозой вымирания виды имеют уязвимые особые места обитания, например, небольшие острова. Около 75 % видов млекопитающих и птиц, исчезнувших в недавнем прошлом, были обитателями островов. Сужение природных мест обитания в результате антропогенной деятельности приводит к невозможности обеспечения существования минимальному количеству особей, необходимому для поддержания популяции. Сужение мест обитания может обусловить ускородственное размножение, что вызывает генетическое ухудшение потомства, приводящее к вымиранию.

2. Промысловая охота. Распространённая по всему миру законная и незаконная промысловая охота представляет угрозу для многих видов крупных животных. На ягуаров, тигров, снежных барсов и гепардов охотятся ради их шкуры. На носорогов охотятся из-за рога, на слонов - из-за бивней. Промысловая охота сыграла главную роль в почти полном исчезновении американского бизона и снежной цапли.

3. Полное или почти полное исчезновение может происходить и в том случае, когда человек истребляет те виды вредителей и хищников, которые конкурируют с человеком в добыче пищи.

4. Ежегодно большое количество растений и животных, подвергающихся опасности или угрозе исчезновения, контрабандой вывозят в другие страны для продажи коллекционерам и для медицинских исследований. При ловле и перевозке животные и растения часто гибнут: так, на каждого попавшего в лабораторию шимпанзе приходится шесть погибших при ловле и перевозке.

5. Загрязнение окружающей среды вызывает деградацию мест обитания животных, в том числе в заповедниках и убивает некоторые растения и животных. Численность диких животных всего мира может уменьшиться всего за несколько десятилетий из-за изменения климата, вызванного парниковым эффектом. Диким животным приполярных и полярных областей может быть также нанесён ущерб в результате значительного увеличения ультрафиолетового излучения, вызванного истощением озонового слоя.

6. Случайная или намеренная интродукция растений и животных в экосистемы. Некоторые чуждые виды не имеют естественных врагов и конкурентов в районах своих новых мест обитания. Они могут доминировать в новых экосистемах, уменьшая популяции многих местных видов, и со временем могут способствовать полному или почти полному исчезновению или вытеснению местных видов.

7. Рост населения, богатство и нищета являются одной из причин исчезновения видов и сокращения популяций: богатство - основной фактор, влияющий на увеличение среднего потребления ресурсов на душу населения; рост населения и нищета вынуждают бедняков вырубать леса и отлавливать подвергающиеся опасности исчезновения виды животных.

Для охраны подвергающихся опасности и угрозе вымирания диких видов и для предотвращения опасности, которой могут подвергнуться другие дикие виды, используются три основные стратегии:

1. Принятие соглашений, законов, создание заповедников, заказников, Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), Международный совет по охране птиц и Международный фонд любителей диких животных установили подвергающиеся угрозе и опасности исчезновения виды и прилагают усилия по их охране. Например, МСОП составил список подвергающихся угрозе и опасности вымирания видов и опубликовал его в Красной книге. В 1978 г. была издана Красная книга СССР, а в 1985 г. - Красная книга РСФСР.

Охране диких животных способствует ряд международных договоров и конвенций. Одно из международных соглашений - Конвенция по охране мигрирующих видов диких животных 1979 г. - в настоящее время подписано 23 странами. Одним из самых широкомасштабных соглашений стала Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой уничтожения, 1975 г. (CITES), разработанная МСОП и контролируемая Программой ООН по окружающей среде. К 1988 г. Конвенцию подписали 96 стран. Список видов, живыми особями или изделиями из которых запрещено торговать, содержит в настоящее время 675 наименований. Торговля другими 27000 видов возможна только при определенных условиях и по специальным разрешениям. Это соглашение позволило уменьшить масштабы незаконной торговли некоторыми подвергающимися опасности исчезновения дикими видами, особенно крокодилами, черепахами и некоторыми крупными видами семейства кошачьих, чья шкура ценится из-за меха.

Важную роль в сохранении и увеличении численности фауны и флоры играют заповедники и заказники. В Российской Федерации насчитывается около 80 заповедников, в том числе 16 биосферных, общей площадью более 20 млн. га, или около 1,2 % территории страны. Это, к сожалению, меньше, чем в других регионах мира [22].

В ряде заповедников имеются питомники, в которых сохраняется ценнейший генофонд, содержатся, изучаются и разводятся редкие виды животных. Так, в Окском заповеднике расположены питомники зубров, журавлей и хищных птиц.

Заказники представляют собой природные комплексы, предназначенные для сохранения, воспроизводства и восстановления природных ресурсов. В России создано более 1500 заказников, из них 1064 - зоологические, 183 - ботанические. В Томской области на март 1996 г. существуют 16 природных

заказников, в том числе 13 – зоологические и 1 биологический. Так, «Осетрово-нельмовый» заказник регионального значения организован в целях восстановления запасов ценных видов рыб: осетр, нельма и стерлядь в бассейне р. Обь [45].

2. Использование генных банков, зоопарков, исследовательских центров, ботанических садов и аквариумов для сохранения небольшого количества особей диких животных.

Ботаники сохраняют генетическую информацию и подвергающиеся опасности исчезновения растительные виды путем хранения их семян в генных банках - охлажденных средах с низкой влажностью. В мире сегодня существуют генные банки наиболее известных и многих потенциальных видов сельскохозяйственных культур и других растений.

Ботанические сады во всем мире также помогают сохранять определенное генетическое разнообразие, имеющееся в природе. Однако у садов слишком небольшая площадь и слишком мало денег, чтобы сохранить все подвергающиеся опасности исчезновения растения мира.

Зоопарки и центры исследования животных приобретают всё большее значение для сохранения репрезентативного числа видов животных и птиц, подвергающихся опасности исчезновения. Из-за дефицита площадей и средств зоопарки мира в настоящее время содержат только 20 подвергающихся опасности исчезновения видов с популяциями в 100 и более особей. Это минимальное количество особей, позволяющее популяции выжить в результате несчастных случаев, болезней или потери генетического разнообразия из-за узкородственного размножения.

3. Охрана и защита разнообразия уникальных и типичных экосистем во всем мире.

По мнению специалистов лучшим способом предотвращения потерь диких видов является учреждение и поддержание всемирной системы резерватов, парков и других охраняемых территорий. Эта система должна включать в себя по меньшей мере 10 % всей суши мира. Основная цель такой системы - охрана и регулирование экосистемы в целом, а не конкретных видов, как это практикуется в настоящее время при видовом подходе к охране диких животных.

Экосистемный подход способен предотвратить опасность, которой могут подвергаться многие виды в результате антропогенной деятельности. Кроме того, это дешевле, чем регулировать подвергающиеся опасности исчезновения отдельные виды. Резерваты станут местами обитания видов животных, находящихся в настоящее время в зоопарках и прочих неестественных условиях обитания. Резерваты можно также использовать для исследования диких животных и для образовательных целей.

К 1988 г. в мире насчитывалось более 3600 основных охраняемых территорий, занимающих почти 4,4 млн. квадратных километров (3,2 % всей территории суши).

К таким территориям относятся биосферные заповедники и национальные парки, ландшафтные заказники, природные парки и санитарно-курортные зоны, охраняемые ландшафты и отдельные природные объекты.

### 4.3. Состояние исчерпаемых невозобновимых ресурсов

Исчерпаемость невозобновимых ресурсов определяется их резервами в природе и интенсивностью использования человеческим обществом.

В соответствии с данными ООН население Земли в декабре 1996 г. составило более 5,8 млрд., увеличиваясь ежегодно примерно на 90 млн. человек. Демографы считают, что численность к 2110 г. достигнет 10,5 млрд. чел. При этом средняя плотность населения планеты составит 70 человек на 1 км<sup>2</sup> суши.

Плотность населения на планете весьма неравномерна - в европейских странах она выше, чем в других и составляет в среднем 95 чел./км<sup>2</sup>. В России плотность населения - 8 чел./км<sup>2</sup>, причем 4/5 населения сосредоточено в Европейской части. В Молдове плотность населения составляет 120 чел./км<sup>2</sup>, в Грузии - 74 чел./км<sup>2</sup>, в Азии - 55 чел./км<sup>2</sup>, в Индии - 130 чел./км<sup>2</sup>, в Китае - 110 чел./км<sup>2</sup>, в Африке - 14 чел./км<sup>2</sup>, в Северной Америке - 14 чел./км<sup>2</sup>, в Южной Америке - 13 чел./км<sup>2</sup>, в Австралии и Океании - 3 чел./км<sup>2</sup>, в Нидерландах и Японии - 300 чел./км<sup>2</sup>.

В обозримом будущем возникновения проблемы исчерпаемости пространства обитания не ожидается. Оптимизация использования суши может осуществляться за счёт освоения необжитых и малообжитых регионов с искусственным улучшением на них условий жизни человека.

Исчерпаемость энергетических ресурсов рек определяется рентабельностью сооружения и эксплуатации гидроэнергетических устройств на реках, каналах и водохранилищах. Каскад ГЭС, возведенных на Ангаре, Волге и других крупных реках, существенно замедляет скорость течения воды. Например, до строительства ГЭС на Волге вода «добегала» от Рыбинска до Волгограда за 1,5 месяца, сейчас - за 1,5 года [24].

Ресурсы полезных ископаемых возобновимы в процессе эволюции литосферы, однако, время их возобновления, измеряемое сотнями тысяч и миллионами лет, несопоставимо со временем разработки месторождений и расходом минеральных богатств. Интенсивная разработка месторождений приведёт к прогрессирующему истощению земных недр.

Содержание главных химических элементов в верхнем слое земной коры показывает, что только 9 элементов составляют 99 % всей её массы [46]:

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
Кислород	45,2	Магний	2,8
Кремний	27,2	Натрий	2,3
Алюминий	8,0	Калий	1,7

Железо	5,8	Титан	0,9
Кальций	5,1	Другие	1,0

Остальные известные элементы представлены в малых и очень малых количествах.

Потребление многих минеральных ресурсов растёт по экспоненциальному закону. На рис. 4.4 показано мировое потребление на душу населения трёх важных минеральных продуктов: цинка, алюминия, хромита (хромит - источник металлического хрома в стальных сплавах, используется также в качестве термоизолятора печей и в производстве химических продуктов). Представленные данные позволяют убедиться, что мы действительно имеем дело с экспоненциальным темпом роста, а не с кратковременными флуктуациями.

Кг

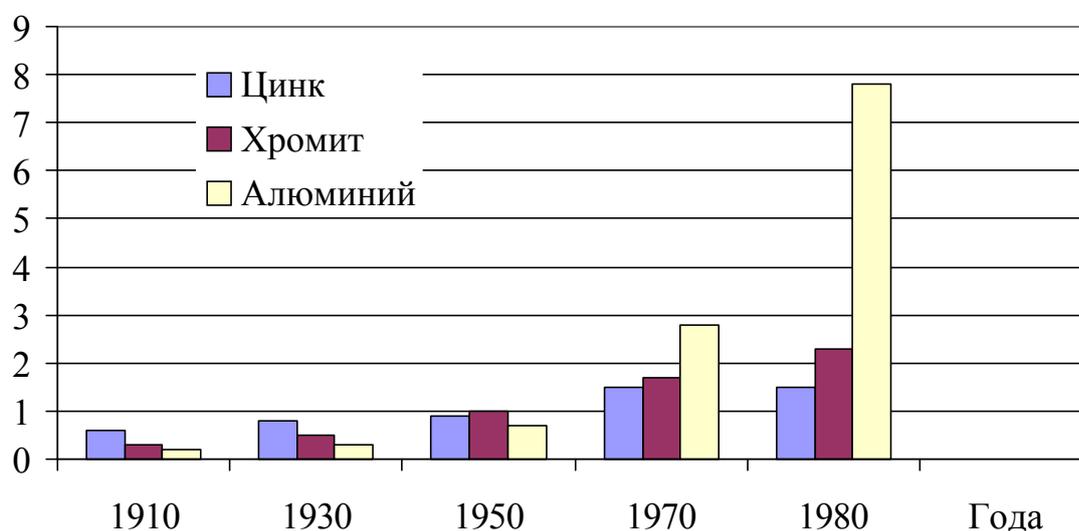


Рис. 4.4. Мировое потребление на душу населения трех минеральных продуктов [46]

В настоящее время имеются довольно разноречивые данные о мировых запасах полезных ископаемых, называются различные сроки «обеспеченности» ими человечества [6, 31, 46]. Но приводимые результаты не внушают чрезмерного оптимизма, особенно по запасам цветных металлов. Запасы меди, свинца, цинка, олова, по прогнозам иссякнут в следующем столетии, то же самое ожидает драгоценные металлы, а также кобальт, вольфрам, молибден, марганец, а до 2500 г. будут израсходованы запасы всех металлов.

По оценкам, приведённым в [22], в России стоимость разведанных и предварительно оцененных запасов минерального сырья на 1994 г. составляет 28 трлн. долларов, что эквивалентно по стоимости 2 млн. т золота или ва-

ловому национальному продукту страны за 20 лет. Доля России в мировой добыче угля, нефти и газа составляет от 10 до 30 %, по металлам - 10 - 15 %.

С распадом СССР месторождения марганца, свинца, хрома, сурьмы, титана и ртути оказались на территориях бывших союзных республик, у которых Россия вынуждена закупать их на сумму 2 млрд. долл. в год.

Разведанных запасов нефти России хватит на 35 лет. Золота, добываемого на россыпных месторождениях (70 % всей добычи), хватит на 3-5 лет. В Якутии в ближайшее время будут исчерпаны запасы алмазов, добываемых открытым способом.

С 1992 г. прирост разведанных запасов полезных ископаемых не покрывает их добычи. В то же время экспорт сырья в 1993 г. по сравнению с экспортом в 1992 г. возрос на 20,9 %. Это следует расценивать как результат «предпринимательской» деятельности государственных и частных структур - от природы взять всё, что можно, чтобы выжить сегодня. Между тем, ресурсонасыщенность России, которая измеряется количеством потребляемых ресурсов на душу населения, в 1,5 - 3 раза ниже, чем в промышленно развитых странах.

Ожидается, что к 2000 г. будет исчерпана сырьевая база на 40 % добывающих предприятий, и Россия из экспортёра минерального сырья может превратиться в его импортёра.

#### **4.4. Пути решения проблемы ресурсов полезных ископаемых**

Проблема истощения минеральных ресурсов на нашей планете является весьма актуальной. В связи с этим приобретают особую важность задачи увеличения запасов полезных ископаемых путём изыскания месторождений на новых территориях, в частности, использование вод и шельфов Мирового океана, горных пород континентальной коры; охрана и рациональное использование недр; развитие малоотходного производства с использованием вторичных материальных ресурсов.

##### **4.4.1. Использование вод и шельфов Мирового океана, горных пород континентальной коры**

Вода сама по себе является главным богатством гидросферы, но кроме неё в этой оболочке Земли есть ещё много других не менее важных ресурсов. Океаны, которые покрывают 70,8 % земной поверхности и имеют среднюю глубину 3,96 км, представляют собой резервуар для многих растворимых веществ, вынесенных из горных пород и почв континентов, а также содержащихся в газах подводных вулканов. Солёность морской воды составляет 3,5 %. Натрий и хлор, образующие обычную соль, являются самыми распространёнными; вместе с магнием, серой, кальцием и калием они составляют 99,5 % всех растворённых веществ[46]:

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
Хлор	55,07	Бром	0,19
Натрий	30,62	Углерод	0,08
Магний	3,68	Стронций	0,02
Сера	2,73	Бор	0,01
Кальций	1,18	Калий	1,10

Каждый кубический километр морской воды содержит значительные количества ещё 64 элементов, например, в одном таком кубе содержится в среднем по 2000 кг цинка и меди, 800 кг олова, 280 кг серебра и 11 кг золота. Вся масса золота, содержащегося в водах Мирового океана, составляет 10 млрд. т - в несколько раз больше исчисляемых запасов всех цветных металлов на континентах; урана в морских и океанических водах содержится около 4 млрд. т [31].

Несмотря на то, что в морской воде содержатся все элементы, из которых состоят горные породы, только четыре из них могут добываться с экономической выгодой в значительных количествах: это натрий и хлор (извлекаемые в виде поваренной соли), магний и бром. В настоящее время из морской воды получают треть мирового производства соли, 61 % металлического магния, 70 % брома.

Полезные ископаемые мирового океана могут также располагаться в прибрежных россыпях, на морском дне и в морских недрах. Особое значение сейчас приобретают запасы полезных ископаемых, расположенные на шельфе - мелководной платформе или террасе, окаймляющей континенты и занимающей 7,5 % водной поверхности Мирового океана. На шельфе скапливается огромная масса осадочных пород и происходит концентрация различных полезных ископаемых. Начиная с 60-х годов нашего столетия, началось интенсивное изучение и освоение минеральных богатств шельфа. На шельфе открыто и эксплуатируется значительное количество месторождений нефти и газа; ведутся разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых - магнетитовых и титаномагнетитовых песков, россыпного золота и платины, редкоземельных элементов, меди, серы, марганца, олова, никеля, кобальта, фосфоритов, алмазов и др. В Японии подводная разработка угольных месторождений обеспечивает более 20 % всей добычи угля, в Англии - 10 %.

На больших глубинах огромные территории дна Тихого, Индийского и Атлантического океанов покрыты железомарганцевыми конкрециями (рудными скоплениями), общая их масса ориентировочно только в Тихом океане определена в 1500 млрд. т; прогнозные запасы меди, никеля и кобальта составляют 20-25 млрд. т. Разведанные скопления конкреций содержат в 20 раз больше кобальта, в 90 - никеля и в 42 раза - марганца, чем во всех известных месторождениях континентов. Японские исследователи утверждают, что уже к началу XXI столетия добыча конкреций может удовлетворить потребности

в кобальте на 50, а в марганце на 18 %, а также то, что за счёт конкреций морских месторождений человечество может удовлетворить свои потребности в меди на 3, никеля на 70, марганца на 140, кобальта на 420 тыс. лет [31].

В глубоководных зонах на дне океанов залегают диатомовые и глобигериновые илы и красная глина; первые содержат огромные количества кальция и кремнезёма, красная глина на 25 % состоит из оксида алюминия. На дне Красного моря в глубоких разломах обнаружены скопления ила, богатого серебром, цинком, медью и др. металлами; в Судане и Саудовской Аравии, у берегов которых на глубине до 2000 м открыто 18 таких месторождений.

Таблица 4.1

Содержание некоторых химических элементов в 1 км<sup>3</sup> средней континентальной коры и в средней морской воде (в тоннах)

Элемент	В средней континентальной коре	В средней морской воде
Натрий	69000000	11020000
Калий	51000000	396000
Хлор	5700000	19800000
Марганец	1809000	1,9
Цинк	170000	2,0
Хром	130000	0,2
Бром	120000	68000
Никель	100000	2,0
Медь	86000	2,0
Кобальт	32000	0,05
Уран	7800	3,3
Олово	5700	0,8
Серебро	160	0,3
Золото	5	0,01

Потенциальные ресурсы морей и океанов огромны, но не могут интенсивно использоваться пока не будут найдены специфические реакции, позволяющие выделять только определенный элемент или группу элементов. В противном случае технологический процесс будет дорогостоящим из-за его высокой энергоёмкости и нецелесообразным, если не смогут рационально использоваться те большие объёмы попутных материалов, которые получатся в результате. Кроме того, низкие концентрации большинства элементов в морской воде делают задачу их извлечения слишком трудной из-за необходимости перерабатывать большое количество воды.

В табл. 4.1. приведены данные о содержании некоторых химических элементов в континентальной коре и в морской воде. Континентальная кора - твёрдая оболочка Земли, выступающая над уровнем океана [46].

Практически все элементы более широко распространены в континентальной коре. Данные таблицы позволяют предполагать, что если когда-нибудь мы действительно исчерпаем месторождения суши и должны будем перейти на ресурсы либо в обычных горных породах, либо в морской воде, то выбор, вероятно, будет сделан в пользу извлечения элементов из горных пород суши.

#### 4.4.2. Охрана и рациональное использование недр

Можно выделить следующие направления охраны и рационального использования недр:

1. Комплексное использование природных ресурсов. Под комплексным использованием природных ресурсов понимается добыча не только основных, но и сопутствующих полезных ископаемых, а также переработка отходов горного производства. Возможность такого использования природных ресурсов закладывается на этапе геологических изысканий и проектирования предприятий горнодобывающих отраслей промышленности [22].

Практически все месторождения твёрдых полезных ископаемых являются комплексными: они содержат, как правило, несколько различных минералов и химических элементов, одни из которых считаются основными, другие - попутными (сопутствующими или совместно залегающими) полезными ископаемыми.

В угольной промышленности наряду с добычей угля комплексно должны использоваться все сопутствующие минеральные ресурсы недр: шахтные породы, вода, метан.

В связи с недостаточной проработанностью применяемой технологии на некоторых месторождениях в железорудной промышленности теряются медь, кобальт, свинец, цинк, золото и сера.

Руды цветных металлов, как правило, содержат несколько процентов, а иногда и доли процентов основного металла. Поэтому в цветной металлургии приходится извлекать из недр намного больше горной массы на единицу продукции, чем в чёрной металлургии, что вызывает увеличение объёма работ по добыче и обогащению руд. В то же время руды цветных и редких металлов имеют сложный состав, причём многие спутники по ценности значительно превосходят основные компоненты.

Комплексное использование сырья даёт возможность получать около 40 элементов в виде металлов высокой чистоты и химических соединений и организовать промышленное производство многих необходимых видов продукции. По комплексности использования сырья отечественная цветная металлургия находится на уровне наиболее технически развитых стран. Например, медная промышленность наряду с медью извлекает попутно 13 ценных компонентов и на их основе производит дополнительно более 20 видов продукции; свинцово-цинковая - 18 компонентов; из медно-никелевых

руд кроме никеля, меди и кобальта извлекают металлы платиновой группы, золото, серебро, серу, селен и теллур.

Но комплексное использование всё же пока недостаточно - при переработке теряется 15 % меди, 50 % цинка, 45 % свинца и 14 % благородных металлов.

2. Исключение потерь минерального сырья при добыче, переработке и транспортировке. Добыча и переработка полезных ископаемых связаны со значительными потерями минерального сырья. Меньшие потери бывают при открытом способе разработки месторождений: 10 % составляют потери угля; 3-5 % - вольфрамо-молибденовых руд; 3,0 - 3,5 % - медных руд; 5-7 % свинцово-цинковых руд. При подземной разработке месторождений потери более значительны: потери угля составляют 30-40 %; вольфрамо-молибденовых руд - 10-12 %; медных руд - 10-13 %; свинцово-цинковых - 12-16 % [11].

Потери нефти в отдельных случаях составляют 70-80 % разведанных запасов. В газовых факелах порой годами сжигаются миллиарды кубометров попутного нефтяного газа.

Велики потери при перевозке минерального сырья. Так, при транспортировке угля от Новокузнецка до Магнитогорска потери в среднем достигают 1,2 т на каждый полувагон за счёт «выдувания» угольной пыли. Между тем, устранение подобных потерь возможно за счёт устройства на пунктах отправки продукции установок для поливки угля водомазутными эмульсиями, образующими устойчивую защитную плёнку. Для этих целей может использоваться не только мазут, но и другие продукты нефтепереработки, да и просто вода, даже загрязнённая шлаками.

Одним из путей решения проблемы снижения запасов полезных ископаемых, а также уменьшения загрязнения окружающей среды является снижение разубоживания полезных ископаемых, т.е. их обеднения в результате смешивания с породами при добыче и транспортировке. Вследствие разубоживания руд в последующие процессы переработки и складирования хвостов обогащения вовлекаются на 20-25 % больше горной массы, чем это могло бы быть при «чистой» выемке. Помимо экономического ущерба это наносит существенный урон окружающей среде, поскольку требуется выделение более значительных площадей для размещения хвостохранилищ.

Ещё один путь решения обсуждаемой проблемы - создание прогрессивных технологий в области обогащения сырья, что позволяет использовать для переработки сырьё худшего качества. Так, в начале XX века промышленными считались руды, содержащие 5-6 % меди, а сейчас - 0,5 - 0,6 %.

Глубина переработки нефти (отбор светлых нефтепродуктов) в нашей стране на 30 % ниже, чем в США. А светлые нефтепродукты - это дизельное топливо, бензин, сырьё для химии. Остальное уходит в мазут, гудрон, асфальт. Повышение глубины переработки нефти позволило бы сократить добычу её на миллионы тонн.

3. Использование современных методов геологического изучения недр для выявления и оценки месторождений полезных ископаемых, исследования закономерностей их формирования и размещения, выяснения условий разработки месторождений.

Использование геофизических, аэрокосмических методов, современных способов бурения позволяет создавать карты всё более глубоких горизонтов земной коры. Эффективность исследований позволяет повысить современная вычислительная техника, с помощью которой ведётся обработка полученной информации.

4. Охрана месторождений от обводнения. Осуществляя геологическое изучение территорий, геологи обязаны обращать внимание на площади, намечаемые к затоплению водохранилищами или отводу под сооружения. Необходимо давать заключение о перспективности таких территорий на различные виды минерального сырья. Игнорирование этого приводит к ситуациям, подобным той, которая произошла на Иркутской ГЭС, когда создание водохранилища привело к потере крупного месторождения свинцово-цинковых руд.

#### 4.4.3. Использование вторичных ресурсов

В результате хозяйственной деятельности образуются отходы, являющиеся потенциальным сырьём. В зависимости от источника образования их делят на две группы: отходы производства и отходы потребления [50,51].

В результате деятельности человека образуется несколько сотен видов отходов, а традиционно используется несколько видов, среди которых металлы, пластмассы, бумага, стекло. Вторичное использование материалов решает целый комплекс вопросов по защите окружающей среды: сокращается потребность в первичном сырье, уменьшается загрязнение вод и земли, сокращаются энергетические и другие затраты на переработку сырья, что оказывается и экономически выгодным. Истощение запасов первичного сырья потребовало перевода технологий многих стран на использование вторичного сырья, а также создания безотходных и малоотходных производств, основой которых является рациональное использование всех компонентов сырья в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы - производство - потребление - вторичные сырьевые ресурсы).

Экономическая и экологическая целесообразность использования отходов доказана практической работой многих предприятий в разных странах.

Использование макулатуры позволяет при производстве тонны бумаги и картона экономить 4,5 м<sup>3</sup> древесины, 200 м<sup>3</sup> воды и в 2 раза снизить затраты электроэнергии. К тому же в 2-3 раза снижается себестоимость продукции. Для изготовления того же количества бумаги требуется 15-16 взрослых деревьев.

Сталь из металлолома на 70 % дешевле получаемой из руд. При этом экономится на каждой тонне стали 1,5 т руды и 0,2 т кокса. При переплавке 1 т металлолома (вместо обычного сырья) на 86 % уменьшается загрязнение атмосферы, на 76 % - воды, на 97 % сокращается объём отходов.

Большую экономическую выгоду даёт использование отходов цветных металлов, так, для получения 1 т меди из руды необходимо добыть из недр и переработать 700-800 т рудоносных пород [51]. На получение 1 т алюминия из натурального сырья приходится затрачивать 18-20 тыс. кВт/ч электроэнергии, а на получение алюминия из использованных алюминиевых банок необходимо затратить лишь 5 % от указанного выше количества электроэнергии.

Степень утилизации алюминиевых жестяных банок различна в промышленно развитых странах: в Великобритании она составляет 3,5 %, в странах Западной Европы - 13 %, а в США - 55 %. Кроме того, при предварительной обработке банок собирается значительное количество олова [50].

Тонна бытового и промышленного стеклобоя высвобождает 1,25 т сырья, в том числе около 250 кг дефицитной кальцинированной соды.

Стеклянные банки утилизируются двумя путями: повторным использованием, либо отправлением на переплавку на заводы по производству стеклянной тары, основная масса стеклянной тары используется однократно, после чего её направляют на переплавку. Швейцария, Нидерланды, Австрия и Бельгия утилизировали более половины использованной стеклянной тары. В Швейцарии в настоящее время изготавливаются бутылки и банки с использованием утилизированного стекла для 75 % продукции. При этом зеленые бутылки почти полностью изготавливаются из стеклянного боя.

Пластмассы в виде отходов естественным путём разлагаются очень медленно, либо вообще не разлагаются. При их сжигании атмосфера загрязняется ядовитыми веществами.

В настоящее время в мире утилизируется лишь небольшая часть из ежегодно выпускаемых 80 млн. т пластмасс. Между тем, из 1 т отходов полиэтилена получается 860 кг новых изделий. Тонна использованных полимеров экономит 5 т нефти.

Наиболее эффективными способами предотвращения накопления пластмассовых отходов является их вторичная переработка (рециклинг) и разработка биodeградальных быстроразрушающихся в природе полимерных материалов.

Рециклинг пластмассовых отходов осуществляется в США, Японии и 16 промышленно развитых странах Европы. По оценке Управления по охране окружающей среды общее количество отходов пластмасс к 1992 г. в США достигло более 23 млн.т. По прогнозу к 2000 г. масса полимерных отходов возрастет на 50 %. Согласно данным компании «Бизнес комьюникейшн» количество рециклируемых пластмасс в США возросло со 103,4 тыс. т в 1989 г. до 406 тыс. т в 1994 г. В целом предполагается, что к 2000 г, рециклинг пластмасс в США составит 50-60 %. В Японии ещё в 1988г. при общем объёме

полимерного производства 11 млн. т объём продукции по вторичной переработке достиг 4,87 млн. т. В странах ЕС по данным английской фирмы «Фрост Салливан» количество отработанной пластмассы, включенной в рециклинг, увеличится с 914 тыс. т в 1991 г. до 2,4 млн. т к 1996 г. Наибольшее количество рециклированной пластмассы среди стран ЕС приходится на Германию: в настоящее время объём пластмассовых отходов в Германии составляет около 2,5 млн. т, из которого 500 тыс. т подвергается рециклингу. Количество образующихся отходов пластмасс в Великобритании оценивается в 1260 тыс. т в год. Ежегодно из отходов регенерируется и возвращается в цикл 150 тыс. т пластмасс [50].

К сожалению, в России данные по объёму образования отходов производства и потребления, а также их использования не могут рассматриваться как вполне достоверные, так как государственная статистическая отчётность практически отсутствует. Согласно [22] около 7 млрд. т отходов, при этом вторично используются только 2 млрд. т, т.е. около 28 %.

Рассмотрение различных аспектов проблемы сырьевых ресурсов не внушает большого оптимизма, но и не даёт основания для безысходности, поскольку человечество уже имеет на вооружении достаточно много достижений направленных на разрешение минерально-сырьевого кризиса и, будем надеяться, не остановится на достигнутом.

## Глава 5. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Для всех народов земли одна из наиболее актуальных задач - решительное пресечение природоразрушающих форм любого вида деятельности, замена их экологизированными.

Обсуждение проблем энергетики и связанного с этим загрязнения окружающей среды (ОС), борьба мнений вокруг их социальных и экономических аспектов имеют место практически во всех государствах мира. Прошедшая в 1992г. в Рио-де Жанейро Конференция ООН по окружающей среде и развитию в качестве основы стратегии мирового развития приняла концепцию устойчивого развития, которое возможно только при устойчивом энергоснабжении.

Давление на энергетику, особенно ядерную, усилилось после аварии на Чернобыльской АЭС.

Озабоченность всех здравомыслящих людей проблемами энергетики настоящего и будущего естественны, поскольку энергия обеспечивает развитие цивилизации, да и просто жизнь каждого человека. Но "... не существуют простые способы выбора источника энергии... Все они требуют компромиссных решений. Однако имеются решения и компромиссы, которые представляются несомненно лучшими, они обеспечивают больший прогресс в развитии и меньший ущерб для ОС" [28].

В этой главе мы попытаемся, используя фактический материал, проследить воздействие известных способов получения энергии на ОС.

Теоретически все источники энергии: невозобновляемые (уголь, ядерное топливо и др.) и возобновляемые (энергия Солнца, приливов, волн, ветра и др.) - смогут способствовать в будущем созданию смешанной глобальной системы энергетических ресурсов. Но каждый источник характеризуется присущими ему факторами: экологическими, экономическими, выгодой, риском. Выбор данной энергетической стратегии неизбежно означает и выбор определенной экологической стратегии. [28].

Рост спроса на энергию привел к крайне неравномерному глобальному распределению потребления первичной энергии [28]. Например, потребление энергии на душу населения в индустриальных странах более чем в 80 раз превышает потребление в странах Центральной Африки. Пятерка стран - лидеров по этому показателю (1985 г., кВт. ч): Норвегия - 24777, Канада - 16522, Швеция - 16165, США - 10781, СССР - 5445. Примерно четвертая часть мирового населения потребляет 75 % энергии и потребление неуклонно растет, из чего следует, что экологические проблемы энергетики имеют существенный геополитический аспект.

Основные факторы воздействия энергетики на ОС схематично представлены на рис. 5.1 [29].



Рис. 5.1. Основные факторы воздействия энергетики на ОС.

## 5.1. Тепловые электростанции

В настоящее время основная часть энергии во многих странах вырабатывается при сжигании органического топлива. Роль различных источников в производстве электроэнергии в США и СНГ приведены на диаграммах (рис. 5.2.) [30].

В числе первых факторов воздействия ТЭС на окружающую среду можно назвать потребление природных ресурсов, прогнозные запасы которых составляют согласно [31]:

1. Уголь - 11240 млрд. т.
2. Нефть - 743 млрд. т.
3. Газ - 229 млрд. т.

Как видим, уголь является наиболее конкурентноспособным среди других органических энергоресурсов. Специалисты считают, что запасов его, доступных для разработки, сегодня впятеро больше, чем сожжено всеми цивилизациями до наших дней. Однако, в 1955-72 годах доля нефти в удовлетворении энергетических потребностей стран Западной Европы и США увеличилась с 10 до 60 %, доля угля сократилась с 75 до 20 %. Правда, после того, как в 1973 г. в мире разразился нефтяной кризис, США стали резервировать основные запасы нефти на территории своей страны и выплачивать владельцам этих земель компенсацию за неразработку месторождений. В СНГ добыча нефти и газа составляет более 70 % добычи природных видов топлива и только 25 % приходится на долю угля, хотя прогнозные его запасы в 20-30 раз превышают запасы нефти и в 30-50 раз - природного газа.

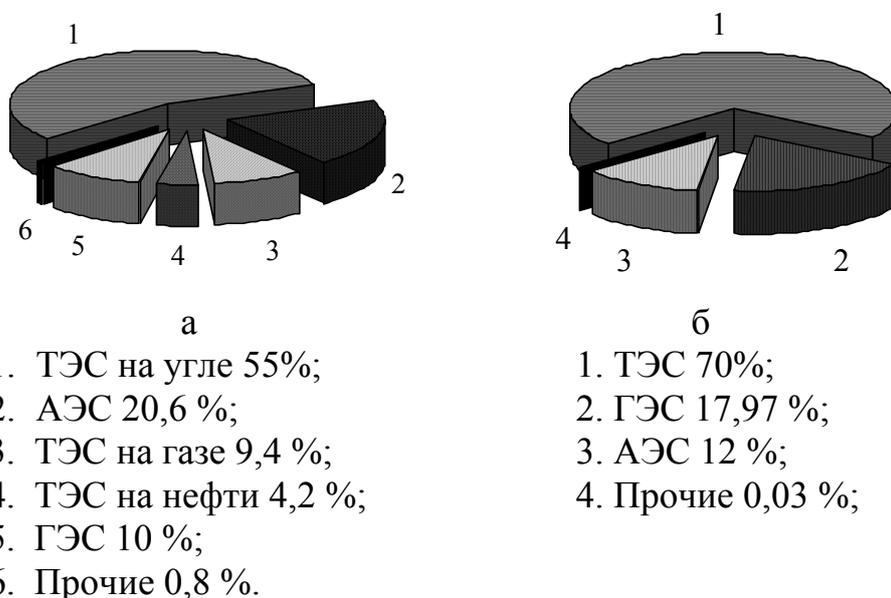


Рис. 5.2. Роль различных источников в производстве электроэнергии: а) в США; б) в СНГ

Кроме того, нефть, газ, да и уголь являются ценным сырьем для других отраслей промышленности, например, химической. Еще Д.И. Менделеев приравнивал использование нефти как топлива к сжиганию денежных знаков.

При сжигании твердого, жидкого и газообразного топлив на ТЭС вся их масса превращается в отходы, причем продукты сгорания в несколько раз превышают массу использованного топлива за счет включения кислорода и азота воздуха (в 5 раз - при сжигании газа и в 4 раза - при сжигании угля).

Все топливосжигающие установки ежегодно выбрасывают в атмосферу Земли более 200 млн. т окиси углерода, 50 млн. т различных углеводородов, почти 150 млн. т двуокиси серы, свыше 50 млн. т окислов азота, 250 млн. т

мелкодисперсных аэрозолей. В общем загрязнении атмосферы отходами производства теплоэнергетические выбросы вредных веществ составляют по пыли 20-35 %, диоксиду серы - до 50 %, по окислам азота - 30 - 35 %. [32].

Можно выделить следующие виды загрязнения окружающей среды объектами теплоэнергетики:

1. *Выбросы в атмосферу в виде пыли, окислов серы, азота, углерода.*

Пыль или летучая зола содержит алюмосиликаты, сульфаты кальция, щелочных металлов, магния, железа, некоторые микроэлементы, двуокись кремния, количество которых в золе колеблется от 10 до 82 %. Ее биологическая активность при попадании в дыхательные пути и легкие зависит от дисперсного состава частичек пыли. Частицы с размерами более 12 мкм практически полностью задерживаются при дыхании в верхних дыхательных путях и плохо удаляются из организма. Более мелкие частицы проникают в нижние дыхательные пути и частично задерживаются там.

Выбросы углекислого газа способствуют возникновению "парникового" эффекта, который в перспективе может привести к изменению климата на планете.

Окислы серы и азота являются причиной кислотных осадков. Окислы азота к тому же являются одним из разрушителей озонового слоя, поглощающего жесткое ультрафиолетовое космическое излучение. Одна т окислов азота способна разрушить до 1 тыс. т озона.

При сжигании топлива образуются продукты неполного сгорания: окись углерода, сажа, смолистые вещества, содержащие полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в частности, относящиеся к классу чрезвычайно опасных - бенз(а)пирен, являющийся канцерогенным веществом.

2. *Твердые нелетучие отходы (зола, шлак).*

Удаление золошлаковых отходов связано с отторжением территорий. Если сама ТЭС средней мощности занимает 200-300 га, то площадь золоотвала через 10 лет эксплуатации ТЭС достигает 800-1500 га. ТЭС средней мощности, работающая на экибастузских углях, сжигает до 2500 т топлива в час, при этом образуется до 1000 т золы. Содержание ряда токсичных микроэлементов в золе ТЭС значительно превышает их среднее содержание в земной коре - например, мышьяка - в 100 раз, бериллия - в 60 раз [33]. В ряде случаев поступление в окружающую среду металлов за счет сжигания ископаемого топлива значительно превосходит их производство, например, мировое производство урана в 1971 г. составило 30 тыс. т, а поступление за счет сжигания каменного и бурых углей - 204 тыс. т [32]. Вследствие этого ТЭС (особенно на угле) являются серьезным источником внешнего и внутреннего облучения: например, вблизи ТЭС мощностью 1000 МВт (электрическая) годовые дозы облучения составляют 6 - 60 мкЗв [30] (предел дозы - 5000 мкЗв/год).

3. *Сброс отработанной воды, содержащей нефтепродукты, взвеси, растворимые соединения металлов и др.*

Более 85 % поступающей на ТЭС воды используется для охлаждения конденсаторов турбин. Вода нагревается в конденсаторах на 8 - 10°С и возвращается в водоем практически без изменения химического состава, исключая уменьшение содержания кислорода.

К сточным водам относятся воды после охлаждения различных аппаратов, сбросные воды из систем гидрозолаудаления, водоподготовительных установок, стоки после обмывок и химических промывок теплосилового оборудования. Эти сточные воды содержат мышьяк, ванадий, минеральные и органические кислоты, соли кальция, магния и натрия, а также загрязнены нефтепродуктами.

4. *Тепловое загрязнение.*

Низкопотенциальные тепловые выбросы возрастают почти пропорционально росту производства электроэнергии. Величина тепловых выбросов, которая может представлять опасность для планеты, оценивается в 1 - 5 % от количества солнечной энергии, воспринимаемой поверхностью Земли. Если учесть, что в настоящее время по данным разных авторов, суммарное антропогенное выделение низкопотенциального тепла составляет 0,006 - 0,02 % солнечной радиации, а темпы прироста производства энергии в год составляют в среднем 3,5 %, то минимальное значение опасной величины тепловых выбросов, равных 1 % может быть достигнуто за пределами XXI в..[32].

5. *Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) линий электропередачи (ЛЭП).*

Интенсивное электромагнитное поле промышленной частоты вызывает у человека нарушение функционального состояния центральной нервной системы, сердечной деятельности и системы кровообращения. При этом наблюдается повышенная утомляемость, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце.

В результате развития электроэнергетики и систем связи суммарная напряженность антропогенных ЭМП в различных точках земной поверхности увеличилась по сравнению с естественным фоном на 2 - 5 порядков. Особенно резко она возросла вблизи энергетических и энергоемких установок. В масштабах эволюционного процесса этот рост напряженности ЭМП может рассматриваться как одномоментный скачок с неясными пока биологическими последствиями.[34].

6. *Шумовое загрязнение.*

Рост единичной мощности основного и вспомогательного энергетического оборудования, как правило, сопровождается увеличением звуковой мощности агрегатов, проблема снижения уровня шума особенно актуальна на крупных ТЭЦ, которые находятся в черте города. Справедливости ради надо

отметить, что шум в условиях ТЭС оказывает основное влияние на людей, находящихся в рабочей зоне. [32].

#### 7. Отчуждение земель при строительстве энергоблоков.

Этот фактор воздействия энергетики на окружающую среду присущ всем способам получения энергии в большей или меньшей степени, что иллюстрируют цифры, приведенные в табл. 5.1. [30].

Таблица 5.1

Площадь земель,  
занимаемая различными типами электростанций

Тип электростанции	Удельная занимаемая площадь, м <sup>2</sup> /МВт
1. ТЭС:	
на жидком топливе	870
на газе	1500
на угле	2400
2. ГЭС	26500
3. АЭС	630
4. ЭС:	
на солнечной энергии	100000
на ветровой энергии	1700000

## 5.2. Гидроэлектростанции

Гидроэлектростанции (ГЭС) второй по общему объему мощности источник электроэнергии в России (~18 %). На ГЭС производится четвертая часть электроэнергии в мире, причем в некоторых странах гидроэнергетика играет основную роль в энергообеспечении, например, на ГЭС Норвегии вырабатывается 99 %, а в Бразилии - 87 % производимой электроэнергии.

В 1991 г. за счет эксплуатации ГЭС в СНГ было сэкономлено 70 млн. тунт (тонн условного топлива), что предотвратило выброс в атмосферу 1,2 млн. т золы и 2,2 млн. т SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>. Однако ГЭС оказывает негативное воздействие на природу из-за затопления земель и нарушения водного и экологического равновесия источников гидроэнергии. [30].

В 1991 г. в СНГ работало 200 ГЭС, при их строительстве было затоплено 12 млн. га сельскохозяйственных угодий (из 22 млн. га, утраченных за последнее десятилетие). ГЭС и создаваемые при их строительстве водохранилища - это наиболее крупные техногенные объекты, расположенные в густонаселенных районах страны. Площадь Куйбышевского водохранилища 6450 км<sup>2</sup>, Братского - 5470 км<sup>2</sup>, Рыбинского - 4550 км<sup>2</sup>, Волгоградского - 3120 км<sup>2</sup>, Цимлянского - 2900 км<sup>2</sup>, Кременчугского - 2250 км<sup>2</sup>. [24].

Недавно стали всерьез изучаться экологические явления, характерные только для водохранилищ. Изменение уровня воды в водохранилищах происходит не по законам природы, а по командам диспетчера. Колебания различных параметров, определяющих условия обитания живых организмов, совершаются в виде скачков и вне зависимости от жизненных циклов населяющих водоем организмов. Снижается биопродукционный потенциал организмов. Масса сине-зеленых водорослей в отдельных местах начинает превышать  $50 \text{ кг/м}^2$ , при их отмирании и разложении резко уменьшается содержание кислорода в воде, выделяются токсические вещества. Гибнет рыба, вода становится непригодной для питья, ее практически невозможно использовать в технических целях, нарушаются рекреационные условия на побережье. Уменьшается самоочищающая способность водоемов, в отдельных зонах возникают заморные условия.

Зарегулирование рек позволило направить воду на орошаемые поля, заводы, электростанции. Гидроузлы ликвидировали во многих районах опасность весенних наводнений. Но в это же время водохранилища привели к постоянному затоплению лесов и лугов, многих населенных мест, памятников культуры, месторождений полезных ископаемых и других ценных объектов. Просачиваясь в грунт, вода подтапливает и заболачивает обширные прибрежные территории, изменяет их ландшафт и микроклимат. В результате близости Цимлянского водохранилища к г. Волгограду происходит подтопление грунтовыми водами фундаментов цехов завода "Атоммаш". [35].

Водоохранилища могут повышать сейсмичность районов расположения. Разрушение плотины крупной ГЭС способно вызвать катастрофическое наводнение.

Пристрастие к гигантомании и пагубность такого подхода в природопользовании особенно отчетливо видна на примере ГЭС.

В 1963 г. были введены в действие первые агрегаты Братской ГЭС, полная мощность которых 4,5 млн. кВт. Оказалось, что такая станция фактически не нужна, так как рядом не было промышленного комплекса. Тогда ударными темпами строится ЛЭП-500 для передачи мощности ГЭС в Иркутск и Западную Сибирь через Красноярск. Это привело к десятилетнему застою (1964-1974 гг.) на сибирских ТЭС. Мощность их снизилась до 50 %.

Оказалось, что в регионах с высоким удельным весом ГЭС больше половины их мощности не используется. Хотя зимой (особенно в маловодные годы) спрос на энергию удовлетворяется еле-еле и вводятся всевозможные ограничения потребителей, а летом мощность ГЭС на 50 % не нужна.

Во всем мире сейчас отказываются от строительства крупных равнинных электростанций и переходят на мелкие, бесплотинные, которые лет 40 назад были придуманы в России. В настоящее время на Кольском полуострове 17 небольших электростанций, стоящих на малых реках незначительно нарушают своей работой окружающую среду, а регион и ближайших соседей обеспечивают энергией.

В недавние времена в районах создания крупных водохранилищ затоплялись большие участки леса. По мнению ведомственных чиновников, его вырубка приносила "копейки" и к тому же отодвигала сроки ввода ГЭС на несколько лет. Поэтому считалось "экономичным" оставлять лес под водой. Только при строительстве Богучанской ГЭС на Ангаре на корню перед затоплением оставлено около 2 млн. м<sup>3</sup> древесины. Потом приходится расплачиваться за "экономия": лес гниет, водоемы становятся непригодными для всего живого. Член - корреспондент РАН Г. Галадий перечисляет адреса экологических преступлений: "При строительстве Братской ГЭС затоплено 40 млн. м<sup>3</sup> древесины. Ими можно было покрыть все нужды строительства и в определенной мере - заводов по ее переработке. Есть заливы на Братском море, в которые нельзя зайти катером - кругом торчат верхушки деревьев. На Усть-Илимской ГЭС под водой оказалось 20 млн. м<sup>3</sup>. На Енисее все повторилось. Знакомая картина на Вилюйской, Саяно-Шушенской ГЭС" [24].

После перекрытия Оби плотиной Новосибирской ГЭС и образования Новосибирского водохранилища изменились гидрологические условия Оби. В зоне основного водохранилища и Бердского залива активизировалось загрязнение воды и дна, так как водоем лишен возможности самоочищения в период ледохода и паводка. Уменьшился видовой и количественный состав рыб: стали преобладать лещ и судак - если первый пожирает икру других рыб, то второй поедает молодь.

После пуска первой ГЭС Енисей перестал замерзать на десятки км ниже плотины, следовательно, изменились и условия обитания в этом районе. Другим стал климат: сухой и здоровый воздух сменился влажным, туманным. Не вырубленный на дне Красноярского моря лес постепенно превращает водохранилище в зеленое цветущее месиво.

При строительстве Красноярской ГЭС энергетики не построили рыбоприемники и рыбоходы в плотине, что привело к прекращению нереста рыбы ценных пород в верхнем течении Енисея.

Несмотря на уже проявившие себя отрицательные экологические последствия идут дискуссии по проектам строительства Туруханской ГЭС на Нижней Тунгуске, Катунской ГЭС в Горном Алтае. Мнение большинства ученых: строить эти ГЭС нецелесообразно. Анализ проекта строительства Туруханской ГЭС показал, что остается, например, неясным, что будет с подземными солеными озерами, которые попадают в район ложа водохранилища. Сейчас они скрыты вечной мерзлотой, которая после заполнения водохранилища может растаять, и соленые воды потекут в Енисей, убивая все живое. Для передачи энергии на дальние расстояния потребуются сверхмощные линии электропередачи, прокладка которых сложна и дорога. И таких проблем много.

Строительство Катунской ГЭС предполагается в одном из экологически чистых уголков Земли. Горный Алтай знаменит своими ландшафтами, кедровыми лесами, альпийскими лугами. Здесь обнаружено множество ар-

хеологических памятников - стоянки древних людей, наскальная живопись. Ртутьсодержащие породы, попадающие в зону затопления, могут привести к превышению допустимых норм содержания ртути в воде, а также к нарушению водного баланса Оби. В 1989 г. Проект Катунской ГЭС был отклонен. Однако сейчас этот вопрос вновь стоит в повестке дня, хотя ясно, что для энергообеспечения таких уникальных районов должны рассматриваться альтернативные варианты.

### 5.3. Атомные станции

Ядерная энергетика занимает прочное место в энергетическом обеспечении ведущих стран мира. К концу 1995 г. в 30 странах действовало 438 ядерных энергоблоков, что обеспечивало выработку 17 % всей электроэнергии, производимой в мире.

По данным за 1992 г. доля АЭС в общей выработке электроэнергии составила, %: Франция - 72,9; Бельгия - 59,9; Швеция - 43,2; Япония - 27,2; США - 22,3; Великобритания - 23,2; СНГ - 12,6; Россия - 11,1. [30].

В 1993 г. АЭС России выработали 119,2 млрд. кВт/час (12,48 % электроэнергии, полученной в России).

В 1988 г. средняя стоимость киловатт-часа электроэнергии составила: ТЭС - 0,966 коп., АЭС - 1 коп., ГЭС - 0,15 коп.. [24].

По данным [36] соотношение издержек производства электроэнергии ТЭС/АЭС для некоторых стран в 1991 г. составило: Бельгия - 1,33; Франция - 1,44; Япония - 1,24; Испания - 0,95 (все ТЭС на импортируемом угле).

Несмотря на значительно более высокие капитальные затраты издержки производства электроэнергии на АЭС сопоставимы с таковыми на ТЭС [36]. Для стран, не обладающих значительными ресурсами органического топлива или практически не имеющих их, единственной реальной альтернативой ископаемым источникам является атомная энергия. Так, Япония намеревается увеличить в 2005 г. не только абсолютную величину мощности АЭС, но и их удельный вес в общем объеме электроэнергетической мощности страны. [30].

Справедливости ради нужно отметить некоторые достоинства АЭС, работающей в нормальном режиме, по сравнению с уже рассмотренными выше способами производства электроэнергии.

Главное достоинство атомной энергии - ее высокая энергоемкость. Например, в 1985 г. четыре блока Ленинградской АЭС выработали 28,5 млрд. кВт/ч электроэнергии. Для производства такого же количества энергии на ТЭС потребовалось бы 200 тыс. вагонов угля вместо 3-4 вагонов ядерного топлива, так как 1 т урана по выделяемой теплоте эквивалентна 2,5 - 3 млн. т каменного угля.

При сжигании 1 т угля уничтожается  $1,5 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup> атмосферного кислорода, в то время как АЭС производит энергию, не потребляя кислорода. При эксплуатации АЭС не вырабатываются вещества, создающие парниковый

эффект и разрушающие озоновый слой. Экологические последствия эксплуатации ТЭС с разными видами топлива и АЭС с реактором типа ВВЭР мощностью 1000 МВт (эл.) иллюстрирует табл. 5.2. [37].

Таблица 5.2

Экологические последствия эксплуатации ТЭС и АЭС

Потребление топлива и выбросы	Тепловая ЭС			Атомная ЭС
	Угольная	Мазутная	Газовая	
Потребление топлива, т/год	$3,9 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	~200
Потребление атмосферного кислорода, м <sup>3</sup> /год	$5,5 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^9$	$4,4 \cdot 10^9$	-
Газовые выбросы, т/год:				
углекислый газ	$1 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	-
окислы серы	124400	84000	-	-
окислы азота	34200	21900	23600	-
Канцерогенные вещества, т/год:				
бенз(а)пирен	0,012	0,013	-	-
пятиокись ванадия	37	550	-	-
Твердые отходы, т/год	830000	-	-	~25-30

Табл. 5.1. иллюстрирует преимущество АЭС с точки зрения отчуждения земель при строительстве энергоблоков.

Еще одно из преимуществ АЭС - возможность приблизить станцию к потребителю энергии. На каждой тысяче километров линии электропередачи теряется до 10 % вырабатываемой энергии. Перевозка органического топлива из восточных районов в западные составляет более 40 % грузооборота железных дорог.

Несмотря на указанные преимущества даже в условиях безаварийной работы АЭС ее технология и отходы представляют исключительную опасность для жизни. На некоторых АЭС при определенных режимах работы ядерных реакторов может образовываться плутоний (с содержанием изотопа - 239 свыше 90 %), который может быть использован для ядерного оружия. «Оружейный» уран содержит более 90 % изотопа - уран 235, а слабо обогащенный уран для АЭС - до 5 % этого изотопа урана, что не уменьшает его опасности для организма. Если при дыхании в организм человека попадает 10 мкг плутония - 239, то человек неизбежно заболевает раком легких. Плутониевый шар величиной с грейпфрут потенциально содержит такое количество радиоактивного излучения, что его достаточно, чтобы уничтожить почти все население планеты без всякого взрыва. [24].

По оценкам, приведенным в [30], средние годовые дозы облучения от выбросов АЭС составляют от 0,004 - 0,008 мкЗв (ВВЭР) до 0,015 - 0,13 мкЗв (РБМК). Предел дозы по НРБ - 76/87 составляет 5000 мкЗв за год.

Для сравнения, радиационная нагрузка на человечество от искусственных источников такова [38]:

Медицина	Доза (мЗв/год)
диагностика	0,4
терапия	0,05
ядерная медицина	0,05
Техника (светящиеся циферблаты, излучение от телевизоров и т.д.)	в сумме около 0,6

Необходимо отметить, что облучению от естественных источников радиации подвергается любой житель Земли, причем одни из них получают большие дозы, чем другие. Это зависит, в частности, от того, где они живут. Так, согласно исследованиям, проведенным во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США, примерно 95 % населения этих стран живет в местах где мощность дозы облучения, в среднем, составляет от 0,3 до 0,6 мЗв, но некоторые группы населения получают значительно большие дозы облучения: около 3 % получает в среднем 1 мЗв в год, а около 1,5 % - более 1,4 мЗв в год. [39].

Есть, такие места, где уровни земной радиации намного выше. Неподалеку от города Посус-ди-Калдас в Бразилии уровень радиации достигает 250 мЗв в год. На пляжах города Гуарапари в той же Бразилии зарегистрирован уровень радиации 175 мЗв в год. На юго-западе Индии на узкой прибрежной полосе уровень радиации достигает 17 мЗв в год. Известны и другие места на земном шаре с высоким уровнем радиации, например, в Ираке, Нигерии, во Франции, на Мадагаскаре. Таким образом, по утверждению ученых при нормальной работе ядерных установок выбросы радиоактивных материалов в окружающую среду очень невелики [39]. Более того, как уверяет тот же источник, для гражданина какой-либо промышленно развитой страны, получающего сполна всю среднюю индивидуальную дозу облучения как от естественных, так и от техногенных источников радиации, вероятность погибнуть в автомобильной катастрофе в 5 раз, а вероятность преждевременной смерти из-за курения (при выкуривании 20 сигарет в день) более чем в 100 раз превышает вероятность умереть от рака вследствие облучения.

В расчете на единицу производимой энергии АЭС сбрасывает в окружающую среду больше теплоты, чем ТЭС при аналогичных условиях. Расход воды на охлаждение такой крупнейшей тепловой станции как Конаковская ГРЭС составляет 70-90 м<sup>3</sup>/с, что соответствует стоку Южного Буга. Для мощных АЭС этот расход достигает 180 м<sup>3</sup>/с [29]. В связи с этим возникает проблема разработки замкнутых циклов охлаждения, новых способов отвода тепла, использования "сброшеного топлива". Все это должно преследовать

цель не только повышения общей эффективности использования установки, но прежде всего снижения величины рассеиваемой в окружающую среду энергии.

Атомные электростанции являются лишь частью ядерного топливного цикла, который начинается с добычи и обогащения урановой руды. Следующий этап - производство ядерного топлива. Отработанное на АЭС ядерное топливо иногда подвергается вторичной обработке, чтобы извлечь из него уран и плутоний. Заканчивается цикл, как правило, захоронением радиоактивных отходов.

На каждой стадии ядерного топливного цикла в окружающую среду попадают радиоактивные вещества.

Примерно половина всей урановой руды добывается открытым способом, другая половина - шахтным. Добытая руда отправляется на обогатительную фабрику. И рудники, и особенно обогатительные фабрики создают проблему долговременного загрязнения: в процессе переработки руды образуется огромное количество отходов - "хвостов". Вблизи действующих обогатительных фабрик уже скопилось несколько сотен млн. т и если положение не изменится в начале следующего века эта величина возрастет до 500 млн. т [39]. Эти отходы будут оставаться радиоактивными в течение миллионов лет. Таким образом, отходы являются главным долгоживущим источником облучения населения, связанным с атомной энергетикой.

Урановый концентрат на специальных заводах подвергается дальнейшей переработке и очистке и превращается в ядерное топливо. В результате такой переработки образуются газообразные и жидкие радиоактивные отходы, однако, дозы облучения от них намного меньше, чем на других стадиях ядерного топливного цикла.

В мире примерно 10 % использованного на АЭС ядерного топлива направляется на переработку для извлечения урана и плутония с целью повторного их использования. При этом, например, отходы заводов в Ла-Аге (Франция) и Уиндскейле (Великобритания) попадают в море.

Со времени пуска в 1954 г. в Обнинске первой в мире АЭС, атомная энергетика накопила много трудных вопросов. Один из них связан с последней стадией ядерного топливного цикла - захоронением высокоактивных отходов АЭС.

Для каждого из нескольких видов радиоактивных отходов существует своя технология захоронения. Жидкие отходы после "упаривания" и "заклочения" в битумную или бетонную (в настоящее время в стекольную) массу помещают в наземные или подземные хранилища из бетона, расположенные при АЭС. Твердые отходы загружают в железобетонные емкости для длительного хранения. Могут создаваться специальные могильники для захоронения отходов. Радиоактивные отходы герметически изолируются в бетонных контейнерах или в железных бочках и укладываются в бетонные саркофаги.

Контейнеры могут разрушаться, и тогда отходы проникают в почву и грунтовые воды. Иногда в нашей стране жидкие отходы "закачивают" глубоко под землю (Сибирский химический комбинат), при этом существует опасность их проникновения в грунтовые воды (в особенности, если геологи при выборе глубины захоронения допустили ошибки). Современная технология предусматривает возможность захоронения твердых радиоактивных отходов вместе с жидкими, их "связывают" цементом (в отношении 2-7 долей цемента на одну долю отходов).

Единственно верный способ - переработка радиоактивных отходов. Как это делают, например, во Франции: отходы извлекают из реактора АЭС, в течение года их хранят в изоляции на территории АЭС (за это время отходы утрачивают часть своей радиоактивности), затем их доставляют на опытный завод, где они выдерживаются на складе еще два года, после чего механическим или химическим путем освобождают отходы от изолирующей оболочки и растворяют в азотной кислоте: азотнокислые соли урана и плутония выделают в виде твердого вещества и в дальнейшем используют вновь. [24].

К сожалению, на АЭС и предприятиях, на которых осуществляется ядерный топливный цикл, случаются аварии и даже катастрофы, подобные Чернобыльской.

Трагедия Чернобыля - ужасное событие! Но она - только еще одно звено в длинной цепи реализации возрастающих вероятностей технико-экологического риска, связанного с использованием ядерных сил. По данным мировой печати и оценкам ученых, с 50-х гг. по настоящее время произошли сотни и сотни рискованных эпизодов с участием атомной энергии как в "военном мундире", так и в "цивильном платье". Только на 400 АЭС в мире произошло 27 более или менее крупных аварий и среди них наиболее значительные - в Уиндскейле (1957, Великобритания), "Тримайл-Айленд" (штат Пенсильвания, США, 1979 г.), Чернобыль (СССР, 1986). Нельзя не вспомнить, в связи с этим, и о событии, которое непосредственно коснулось каждого томича - аварии на СХК в апреле 1993 г.

У истоков всех аварий лежит сложный комплекс воздействия разнопорядковых факторов. Печальный опыт показал, что современная технология требует, прежде всего, максимального внимания, дисциплины, ответственности каждого.

О трагедиях забывать нельзя, но и жить с этим комплексом невозможно. Абсолютно надежной техники не бывает. Достичь нулевой безопасности в атомной энергетике не удастся, но исключить возможность катастроф типа Чернобыльской - дело реальное. Работы такие ведутся. В плане повышения безопасности АЭС идет ускоренная разработка реакторов с внутренне присущей безопасностью, у которых имеется так называемый отрицательный температурный коэффициент реактивности. Этим качеством обладают: высокотемпературный реактор на гелии, жидкосолевой реактор. Продолжается освоение быстрого реактора - размножителя на тории, запасы которого го-

раздо больше, чем урана. К тому же торий, в отличие от плутония, не может быть использован эффективно в атомном оружии.

Основным техническим решением для обеспечения радиационной безопасности АЭС является надежная многобарьерная защита на пути возможного аварийного выхода радиоактивных веществ. Обеспечение безопасности АЭС - дело всех стран, развивающих атомную энергетику, уровень научно-технического прогресса в состоянии обеспечить требуемую безопасность развития атомной энергетики. Эксперты по анализу причин аварий на АЭС сходятся в одном, что роль человеческого фактора в них является решающей. [40].

#### 5.4. Альтернативные источники энергии

Есть виды энергии, которые издавна использовались человеком: солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная. Сегодня они называются нетрадиционными или альтернативными.

Неиссякаемым источником тепловой энергии является Солнце. Однако солнечная радиация относится к рассеянному виду энергии - с  $1 \text{ км}^2$  земной поверхности можно получить лишь десятые доли киловатта. Кроме того, ее интенсивность непостоянна, она меняется в течение суток и времени года. Необходимость сбора с земной поверхности, концентрации и аккумуляции солнечной энергии делают ее неконкурентоспособной для централизованной выработки электроэнергии. С учетом потерь эффективная потребная площадь гелиостатов на 100 МВт производственной мощности составит около  $5 \text{ км}^2$ , к тому же солнечные батареи имеют коэффициент полезного действия немногим более 10 %, на них расходуется металл, они очень дороги. Хотя вопросы использования солнечной радиации в локальных масштабах - для отопления, опреснения, нагревания воды, а также развития гелиоэлектростанций в регионах России, где продолжительность солнечного сияния достигает 2200 - 1700 часов в год (Кавказ, Алтай) становятся все более актуальными.

Один из старых источников энергии - ветер. Лучшие условия для работы ветровой станции обеспечиваются при скорости ветра 10 - 14 м/с. Первая в мире ВЭС мощностью 8 кВт была построена в Курске в 1930 г. Работы по созданию современных ВЭС ведутся в Англии, Франции, Германии, Канаде, Швеции.

Самая крупная в мире ветровая электростанция мощностью 3 МВт сооружается в Швеции; ветроэлектрический агрегат будет размещен на высоте более 80 м и работать при скорости ветра от 6 до 21 м/с.

Наиболее перспективными для эксплуатации ветроэлектрических установок в России являются районы Дальневосточного Приморья и Мурманской обл.

Несмотря на бытующее мнение об экологической чистоте ветроэлектрических установок, при работе их возникает инфразвук, гибнут птицы, падающие во вращающиеся лопасти.

Велики ресурсы геотермальной энергии. По приближенным подсчетам они эквивалентны 100 млн. т условного топлива в год. Россия обладает весьма большими запасами термальных вод - разведаны подземные бассейны горячих и подогретых вод в Западной Сибири, на крайнем Севере, Камчатке и на Кавказе. Тюменское подземное "море" термальных вод превосходит по своей площади Черное море, температура воды в нем колеблется от 60 до 300°C. Наиболее перспективной для использования тепловой энергии недр является Камчатка, ее электроэнергетический потенциал оценивается в 300 МВт.

Сейчас эти ресурсы используются мало, так как для получения водяного пара с высокой температурой и давлением необходимо бурить скважины на большую глубину. В некоторых районах земного шара (Исландия, Калифорния, Япония) имеется доступ к водяному пару с температурой 200-400°C. Такой пар можно использовать для получения электроэнергии. Однако большинство термальных вод дает пароводяную смесь с температурой 100-120°C. Такую смесь применяют, в основном, для систем теплоснабжения.

Однако современная технология получения электроэнергии на геотермальных станциях не является экологически чистой. Технология сводится, в основном, к приему из скважины паровоздушной смеси, отделение пара от воды и подачи его в паровые турбины энергоблоков. При этом отдавшие тепловую энергию воды (количество их весьма велико) являются отходами производства. Эти воды в большей или меньшей степени минерализованы (до 30 % и более). Подсчитано, что геотермальная электростанция мощностью, например, 100 МВт расходует за год около 100 млн. т воды, содержащей огромное количество соединений серы, мышьяка, бора, свинца и фтора. Сточные воды этих электростанций загрязняют поверхностные и грунтовые воды, а также почву. Так, в воды реки Уайкато (Новая Зеландия) 75 % содержащегося в ней мышьяка и значительное количество ртути попадают со сточными водами геотермальной электростанции. Чтобы избежать загрязнения почв кофейных плантаций в Сальвадоре соединениями бора, сточные воды геотермальной электростанции отводятся по специальному каналу в Тихий океан [31].

Кроме того, при работе геотермальных станций в атмосферу выделяются различные сернистые и другие газообразные соединения.

Еще один вид альтернативной энергетики - приливные электростанции. Мощность морских приливов планеты в 100 раз превосходит мощность существующих ГЭС. Однако удобных мест для строительства и эксплуатации крупных приливных электростанций (ПЭС) относительно немного. Затраты на сооружение и работу ПЭС в основном определяются параметрами плотин.

Так, в Пенжинском заливе Охотского моря проектируется сооружение ПЭС мощностью до 100 МВт при длине отсекающей плотины 75 км.

В 1967 г. во Франции на берегу Ла-Манша в устье реки Ранс была построена первая крупная ПЭС, спустя один год в СССР была введена в эксплуатацию Кислогубская приливная электростанция на побережье Баренцова моря.

ПЭС "Ранс" эксплуатируются уже более 25 лет, ежегодно надежно выдает в систему 500 млн. кВт/ч электроэнергии независимо от времени года и наносит минимальный ущерб окружающей среде [41]. Хотя, как отмечает автор, абсолютно чистым этот источник не является, поскольку любое вмешательство человека в естественный поток энергии ведет к тем или иным нарушениям экосистемы. В результате снижения мощности приливных течений произошло сильное заиление морского дна, что лишило водоросли необходимого для них твердого субстрата. Это привело к снижению разнообразия многих водорослей, сокращению зоны распространения морских водорослей в нижнем течении реки Ранс. В районах строительства ПЭС происходит осушение болот на территории строительства и усложняется охрана некоторых видов животных и птиц.

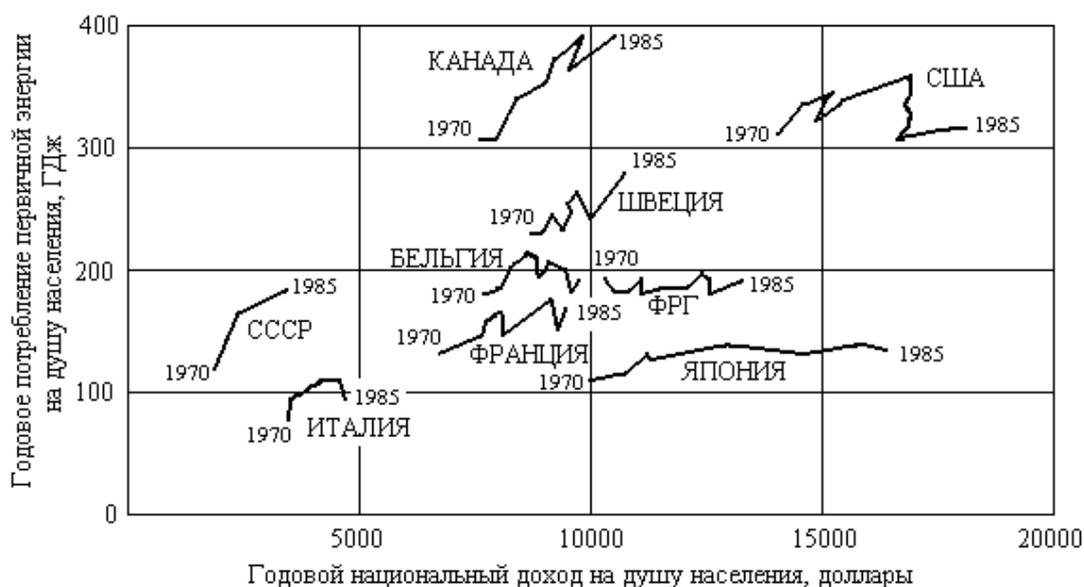
Таким образом, считать экологически чистыми альтернативные источники энергии можно лишь сравнительно с другими источниками. И как не привлекательна идея использования нетрадиционных энергоносителей, в ближайшем будущем они не смогут серьезно повлиять на уровень энергооборуженности человечества, тем более, что себестоимость производства электроэнергии на них, как минимум, на порядок выше, чем на традиционных.

По прогнозам, по крайней мере, до середины следующего столетия, уголь и ядерная энергетика будут основой для крупномасштабного производства энергии и оба не без последствий для окружающей среды, как и любые другие, к сожалению.

Сложность решения проблем экологии и безопасности энергетических установок вызвали к жизни общественные движения, часть из которых стоит на крайних позициях: запретить строительство атомных и тепловых электростанций. Следование этим требованиям может привести к непредсказуемым кризисным последствиям. Современный человек настолько зависит от энергетики, что остановка сразу даже не всех электростанций по своим последствиям явится тяжелой экологической катастрофой [42].

В числе аргументов против развития энергетики высказывается сомнение, нужно ли нам такое количество энергии? Стоит ли возводить новые электростанции? Не лучше ли научиться беречь энергию? По этому пути идет сейчас весь мир. По оценкам экспертов энергосбережение позволит понизить темпы роста производства электроэнергии на 35 - 40 % [43].

Значение слова "энергосбережение" иллюстрирует график, составленный американским исследователем А. Розенфельдом (рис. 5.3) [44].



**Рис. 5.3. Изменение годового потребления энергии и национального дохода (по данным А.Розенфельда).**

По форме кривых легко судить об истории страны за эти годы. Для передовых в промышленном отношении государств линии графика идут слева направо почти без повышения. Это значит, что национальный доход рос без увеличения затрат энергоресурсов, только за счет их экономии. Особенно впечатляет линия Японии, впрочем и в государствах Западной Европы дела идут неплохо. Для бывшего СССР, при малом душевом доходе, линия затрат энергоресурсов круто взлетает вверх, что является результатом экстенсивного метода развития народного хозяйства. В связи с этим нам предстоит в ближайшем будущем усвоить этический принцип Бенджамина Франклина: не расточай природу и умеряй желания. И здесь в значительной мере могут помочь усилия "зеленых".

И еще один вывод очевиден, если посмотреть на рис. 5.3. Снижение кривых, если и встречается кое-где, то лишь на небольшом протяжении. Значит, надежды на то, что сбережение может стать главным рычагом для достижения баланса энергии, к сожалению, иллюзорны.

Следовательно, если мы хотим жить достойной цивилизованной жизнью, возрастающую потребность в электроэнергии нужно разумно удовлетворять при условии экономичного и экологически чистого ее производства, энергосбережения, с учетом бережного отношения к природным ресурсам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, согласно многим признакам, на исходе 20 столетия биосфера оказалась в состоянии Глобального экологического кризиса. Например, быстрое возрастание скорости исчезновения видов в течение последних 10 тыс. лет показывает, что уже в обозримом будущем может произойти катастрофическое падение разнообразия видов, и биосфера может быстро перейти в новое качество, ассоциируемое с экологической катастрофой.

Такая перспектива не противоречит современной концепции эволюции материи. В рамках ее признано допустимым принять положение о способности материи к самоорганизации на разных уровнях ее развития - от форм косного вещества до живого вещества и высшей формы его проявления - человека. Ключевой момент представлений о самоорганизации материи - переход к новому качеству происходит через нестабильное состояние. В нестабильном состоянии материя, находящаяся в данном темпомире, оказывается в результате эволюционного накопления мутаций. Последнее имеет предел, после которого данная форма материи разрушается даже от малейшего возмущения. Разрушение (бифуркация) носит взрывной характер, и формы новой организации материи принципиально непредсказуемы, хотя вектор изменений априорен - в сторону усложнения форм и функционирования материи.

Проецируя эти представления на процессы взаимодействия общества и биосферы, академик РАН Н.Н. Моисеев в качестве примера развития и разрешения экологического кризиса приводит процессы в неолитическом обществе. Обретенные человеком к этому времени умение использовать огонь, система методов и средств добывания пищи (охота, собирательство) позволили популяции позднего неолита - кроманьонцам - быстро распространиться на тогдашнюю ойкумену и исчерпать привычные пищевые ресурсы. Начавшаяся вслед за этим борьба за пищу, носящая характер взрыва (бифуркации), привела к потрясению неолитического общества. Достаточно сказать, что население уменьшилось в 7-8 раз. Н.Н. Моисеев назвал этот процесс неолитической революцией. Но в этом потрясении содержалось благо для дальнейшего развития человеческого общества: в ходе неолитической революции человек перешел от охоты и собирательства к новой организации жизнедеятельности, основанной на растениеводстве и животноводстве.

Каким же ожидается разрешение современного, Глобального экологического кризиса? Неизбежной бифуркационной катастрофой? Или существуют варианты? И каково место инженера во всех этих процессах?

Похоже, действительно, варианты существуют. Объективные. Вспомним, что идея ноосферы возникла задолго (в 20-х годах XX века) до сегодняшнего широкого осознания мировым сообществом углубляющегося экологического кризиса. Э. Леруа, П.Т. де Шарден, В.И. Вернадский впервые осознали феномен человеческой мысли, разума как всепланетное явление, знаменующее собой начало перехода биосферы к ноосферному этапу эволюции, на котором коллективный разум человечества обеспечит качественно

новые формы жизни общества, гармонизирующие взаимоотношения человека и биосферы. В период своего рождения идея (гипотеза) ноосферы воспринималась современниками как чисто теоретическая модель. Сегодня, в период нарастания числа пугающих признаков грядущей катастрофы, и, одновременно, замечательных успехов в информатике, технологии, генной инженерии признание общим свойством материи ее способность к самоорганизации дает методологическую базу для оптимистической "спасательной" деятельности человека в биосфере. Самое банальное представление сложившейся ситуации: уж если косное вещество способно развиваться - в рамках самоорганизации - во все более упорядоченные формы, то человеку с его практически безграничной способностью к самоорганизации это тем более пристало: помимо априорной направленности вектора эволюции материн в сторону большей упорядоченности, у человека есть разум и воля.

Но разум и воля давно присущи человеку, а гармонизации в отношениях человека и природы не наступило. Чего же не достает человеку и каковы критерии достижения ноосферного состояния?

По-видимому, необходимым условием перехода к ноосфере является достижение качественно новых результатов деятельности человеческого духа (разум есть деятельность человеческого духа) - общего духовного достояния человечества: в языковой коммуникации, технике и технологии, праве, ценностях, морали, нравах, формах воспитания и образования, взглядах, настроениях, вкусе, моде, направлении искусства, месте и состоянии познания и науки, мировоззрении, при которых появляются реальные возможности перехода человечества в новые, ноосферные координаты функционирования: новый уровень технологии, ценностей, права, языковой и электронной коммуникации и т.д. Но такие возможности могут быть реализованы только при наличии волевого акта утверждения человечеством новой экологической парадигмы жизни человечества. В предисловии к книге Д.Х. Медоуз с соавторами "За пределами роста" (1994г.) профессор Г.А. Ягодин обозначил этот акт как экологическую революцию. На "подтягивание" общего духовного состояния до необходимого уровня Г.А. Ягодин "отводит" несколько десятилетий, о нескольких десятилетиях говорит и Н.Н. Моисеев.

Значит, в контексте надвигающихся экологических угроз, миллионы и миллионы индивидуальностей Земли должны включаться во все более упорядоченную экодеятельность во всех упомянутых сферах проявления человеческого духа, а само осознание данных угроз должно концентрировать и интегрировать их (индивидуальностей) волю к поиску и утверждению новых ценностей, выводящих мировое сообщество из традиционных координат экоопасной жизнедеятельности в экобезопасные координаты.

И этот процесс уже идет: это и знаменитый доклад Римскому клубу "Пределы роста" (1971 г.), и одноименная книга (1972г.), и Всемирная промышленная конференция по управлению окружающей средой (1984г), и резолюция Генеральной ассамблеи ООН (1987г), в которой впервые прозвуч-

чавшая концепция устойчивого развития была предложена для изучения правительствам всех стран, и Конференция ООН по окружающей среде и развитию (1992г), на которой эта концепция была принята и провозглашена тотальная экологизация всех сторон жизни мирового сообщества; это и многочисленные программы международного сотрудничества в области экологии и охраны окружающей среды, например, по "озоновым дырам" и "парниковому эффекту", и движения "зеленых", подобные движению "Друзья Земли" в Голландии, и стремительно возрастающие экологические требования к технологиям производства товаров и услуг.

Налицо интеграция разума индивидуальностей или групп в единый коллективный Разум планеты, одним из воплощений которой является мировая компьютерная сеть. Очевидно, что идея гармонизации отношений природы и общества на данном этапе его истории дает мощный импульс явлению интеграции, как непрерывно и ускоренно идущему мировому процессу. Его практические результаты трудно, даже невозможно предвосхитить (как, например, неожиданным стало событие клонирования животных в 1997г.), но именно на этом пути можно ожидать решающих результатов в преодолении Глобального экологического кризиса. И следует согласиться с тем, что инженерная деятельность: создание безотходных технологий, эффективных аппаратов очистки и утилизации отходов, средств телекоммуникаций и т.д. - важнейшая, но не единственная сфера деятельности человеческого духа, результаты которой приведут в ноосферное будущее. Инженерная деятельность создает лишь предпосылки для него. Необходимы громадные сдвиги в других сферах. Это надо помнить, к этому надо готовиться.

А что же с бифуркацией? Читатель, по-видимому, почувствовал, что авторы склоняются к оптимистическому ответу на этот вопрос. Действительно, предлагается умеренная трактовка заключительной стадии Глобального экологического кризиса: предполагается, что две "горячие" и одна "холодная" мировые войны и были бифуркационным взрывом, который можно положить началом отсчета времени ноосферной эпохи. Все три войны по большому, так сказать, счету были инструментарием разрешения сырьевого, то есть экологического кризиса, хотя разными исследователями и комментаторами эти три события одевались и одеваются в самые различные одежды. Таким образом, можно сказать, что бифуркация была, а общество ее явно не заметило и определенно не обозначило. В пользу такого предположения можно привести целый ряд доводов. Вот один из них: возможно в контексте такого предположения закономерен и столь нашумевший вывод Ф. Фукуямы о "конце истории" - конце периода апогея биосферно-цивилизационной бифуркации.

Фиксация обществом начала ноосферной эпохи, могла бы стать фактором, стимулирующим сознательную, целеустремленную и конструктивную деятельность мирового сообщества по продвижению к гармонии общества и его отношений с Природой.

## Литература

1. Фешбах М., Френдли-младший А.. Экоцид в СССР. - М.: НПО «Биотехнология», 1992. - 308 с.
2. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. - М.: Мысль, 1990. - 637 с.
3. Экологический энциклопедический словарь / И.И.Дедю. - Кишинёв: Гл. ред. МСЭ. 1983.- 408 с.
4. Моисеев Н.Н. Законы природы и особенности цивилизации наступающего века // Зелёный мир. - 1992. - NN27-28. - С. 8-9.
5. Иоганзен Б.Г., Лаптев И.П. Экология, биоценология и охрана природы. - Томск: Изд. ТГУ, 1979. - 256 с.
6. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс И., Беренс У. Ш. Пределы роста: Пер. с англ. - М.: Прогресс, 1991. - 262 с.
7. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс И. За пределами роста: Пер. с англ. - М.: Прогресс - Пангея, 1994. - 303 с.
8. Шмидхейни С. и Члены Совета предпринимателей. Смена курса: Пер. с англ. - М.: Геликон, 1994. - 384 с.
9. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992): Информационный обзор. - Новосибирск: СОРАН, 1993. - 62 с.
10. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология. - СПб: Химия, 1997. - 240 с.
11. Экология горного производства: Учебн. для вузов / Г.Г. Мирзаев, Б.А. Иванов, В.М. Щербаков, Н.М. Проскуряков. - М.: Недра, 1991. - 320с.
12. Яворский Б.М., Детлаф А.А.. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. - М.: Наука, 1974. - 942 с.
13. Вернадский В.И. Биосфера (Избранные труды по биогеохимии). - М.: Мысль, 1997. - 376 с.
14. Иоганзен Б.Г., Лаптев И.П. Основные этапы эволюции биосферы. - Кемерово: Кем. обл. Объед. Пед. об-ва РСФСР, 1989. - 36 с.
15. Ясаманов Н. Сколько тебе лет, Земля?//Наука и жизнь. – 1987. - N 2. С. 82-86.
16. Галимов Э.М. Проблемы геохимии углерода. - Геохимия, 1988, N2, с. 258-278.
17. Одум Ю. Экология. в 2-х томах. - М.: Мир, 1986. т. 1 - 328 с., т. 2 - 376 с.
18. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. - М.: Прогресс - Пангея, 1993, т.1 - 253 с.
19. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир: В 2-х т. Пер. с англ. - М.: Мир, 1993, - т.1 - 420 с., т. 2 - 424 с.
20. Моисеев Н. Законы природы и особенности цивилизации наступающего века. Зелёный мир, 1992, N27-28, с. 8-9.

21. Гладкий Ю.Н., Лавров С.Б. Дайте планете шанс! - М.: Просвещение, 1995г., - 207 с.
22. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России /Под ред. В.Ф. Протасова. - М.: Финансы и статистика, 1995. - 528 с.
23. Городинская В.С., Иванов В.Ф. Природа. Человек. Закон. - М.: Юрид. лит., 1990. - 384 с.
24. Яншин А.Л., Мелуа А.И. Уроки экологических просчётов. - М.: Мысль, 1991. - 430 с.
25. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Содержание тяжелых металлов в почвах. - Томск: ТПУ, 1992. - 42 с.
26. Рихванов Л.П., Рихванова М.М. Введение в радиозэкологию. - Томск: ТПУ, 1994. - 104 с.
27. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. - М.: Прогресс - Пангея, 1994, т. 2 - 335 с.
28. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) /Под ред. С.А. Евтеева и Р.А. Перелета. - М.: Прогресс, 1989. - 372 с.
29. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. - М.: Высш. шк., 1986. - 415 с.
30. Атомная энергетика - перспективное направление развития энергетики // Атом-ревью. – 1993. - N3. - С. 5-8.
31. Охрана окружающей среды / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко и др., Под ред. С.А. Брылова и К. Штродки. - М.: Высш. шк., 1985. - 272 с.
32. Носков А.С., Савинкина М.А., Анищенко Л.Я. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба (Технологические аспекты). - Новосибирск: СО АН СССР, 1990. - 184 с.
33. Скалкин Ф.В., Канаев А.А., Копп И.З. Энергетика и охрана окружающей среды. - Л.: Энергоиздат, 1981. - 280 с.
34. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. - Томск: Изд. ТГУ, 1990. - 188 с.
35. Ольсевич Ю.Я., Гудков А.А. Критика экологической критики. - М.: Мысль, 1990. - 214 с.
36. Эксплуатация АЭС // Атом-ревью – 1993. - N2. - С. 5-16.
37. Что такое атомная станция теплоснабжения / О.Б. Самойлов, В.С. Кууль, Б.А. Авербах и др.; Под ред. О.Б. Самойлова, В.С. Кууля. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 96 с.
38. Хефлинг Г. Тревога в 2000 году. Бомбы замедленного действия на нашей планете. - М.: Мысль, 1990. - 280 с.
39. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 79 с.
40. Саломатов В.В., Саломатова Т.И., Кузнецов В.А. Методологические и социально-технологические основы экологической безопасности в энерге-

тике // Седьмой Региональный научно-технический семинар по ноосферным взаимодействиям (ноосферные взаимодействия и ядерная безопасность): Избранные материалы. - Томск: СибНИЦАЯ, 1994. - С. 43-54.

41. Бернштейн Л. Правда и ложь о приливной электростанции «Ранс» и проекте Тугурской ПЭС//Зелёный мир. – 1992. - N43-44.

2. Кононович А. Идёт игра со спичками и бензином//Зелёный мир. – 1992. - N23-24.

43. Янтовский Е. Стратегия энергетики//Наука и жизнь. - N1. - 1991. - С. 67-70.

44. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания: В 4-х книгах, Кн. 1. Народонаселение и пищевые ресурсы: Пер. с англ. - М.: Мир, 1994. - 340 с.

45. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Томской области в 1995 году. / Государственный комитет экологии и природных ресурсов Томской области. - Томск, 1996.- 178с.

46. Скиннер Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов? - М.: Мир, 1989. - 264 с.

47. Моисеев Н.Н. Современный антропогенез и цивилизационные разломы//Зелёный мир. – 1994. - №21 - С. 5-11.

48. Моисеев Н.Н. Восхождение к Разуму. Лекции по универсальному эволюционизму и его приложениям. - М.: ИздАТ. 1993. - 192с.

49. План действий - «Устойчивые Нидерланды» / Пер. с англ. Л.Л. Тхоржевской; под ред. М.Л. Борозина; предисловие и заключение Н.Н. Моисеева. - М.: Экопресс - «ЗМ», 1995. - 70 с.

50. Вронский В.А. Прикладная экология: учебное пособие. - Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 1996. - 512 с.

51. Экономические основы экологии / В.В. Глухов, Т.В. Лисочкина Т.П. Некрасова. – СПб: Специальная литература, 1995. - 280 с.

52. Ливчак И.Ф. Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. - М.: Стройиздат, 1988. - 191 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>3</b>
<b>Глава 1. ЭПОХА ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ</b> .....	<b>7</b>
1.1. Предмет и задачи экологии .....	7
1.2 Основные понятия и определения .....	13
<b>Глава 2. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ     ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b> .....	<b>16</b>
2.1. Учение о биосфере и ее эволюции .....	16
2.2. Экологические факторы и их действие .....	24
2.2.1. Закономерности действия факторов .....	24
2.2.2. Абиотические факторы .....	26
2.2.3. Биотические факторы .....	32
2.2.4. Антропогенные факторы .....	33
2.2.5. Адаптация живых организмов к экологическим факторам ...	35
2.3. Популяция, ее структура и динамика .....	36
2.4. Экологическая система .....	42
2.4.1. Структура наземной и водной экосистемы .....	43
2.4.2. Гомеостаз и сукцессия экологической системы .....	46
2.5 Энергетика и продуктивность экосистемы .....	49
2.6. Круговорот веществ в биосфере .....	53
2.6.1. Круговорот углерода .....	54
2.6.2. Круговорот азота .....	55
2.6.3. Круговорот фосфора .....	56
2.6.4. Круговорот серы .....	58
2.6.5. Круговорот воды .....	58
2.7. Помехи в экосистемах .....	59
2.8. Деятельность человека как источник помех .....	61
<b>Глава 3. СПАСТИ ЗЕМЛЮ – НАКОРМИТЬ МИР</b> .....	<b>64</b>
3.1. Демографические проблемы .....	64
3.1.1. Рост человеческой популяции. Рождаемость и половозрастные пирамиды .....	64
3.1.2. Проблемы урбанизации .....	71
3.1.3. Пути решения демографических проблем .....	72
3.2. Обеспечение продовольствием .....	77
3.2.1. Состояние обрабатываемых земель. Механические "болезни" почв .....	77
3.2.2. Леса и пастбища - поставщики пищевой энергии .....	82
3.2.3. Мировые рыбные промыслы .....	86
3.3. Способы увеличения мирового производства продовольствия .....	86
3.3.1. Охрана почв .....	86
3.3.2. Увеличение мирового производства продовольствия .....	89

<b>Глава 4. ПРОБЛЕМА СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ .....</b>	<b>91</b>
4.1. Классификация природных ресурсов Земли .....	92
4.2. Состояние исчерпаемых возобновимых ресурсов .....	92
4.3. Состояние исчерпаемых невозобновимых ресурсов .....	98
4.4. Пути решения проблемы ресурсов полезных ископаемых .....	100
4.4.1. Использование вод и шельфов Мирового океана, горных пород континентальной коры .....	100
4.4.2. Охрана и рациональное использование недр .....	103
4.4.3. Использование вторичных ресурсов .....	105
<b>Глава 5. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ .....</b>	<b>107</b>
5.1. Тепловые электростанции .....	108
5.2. Гидроэлектростанции .....	112
5.3. Атомные станции .....	115
5.4. Альтернативные источники энергии .....	120
<b>Заключение .....</b>	<b>124</b>
<b>Литература .....</b>	<b>127</b>



Владимир Филиппович Панин  
Александр Иванович Сечин  
Валентина Давыдовна Федосова

## **ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Научный редактор  
профессор, доктор технических наук В.Ф. Панин

Редакторы: Н.Я. Горбунова  
Р.Д. Игнатова

Подписано к печати 17.03.99  
Формат 60x84/16. Бумага ксероксная.  
Плоская печать. Усл. печ.л. 7,67. Уч.-изд.л. 6,95.  
Тираж 500 экз. Заказ . Цена свободная.  
ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ № 1 от 18.07.94.  
Типография ТПУ. 634034, Томск, пр. Ленина, 30.

